

## 花壇用花きの室内利用に必要な諸条件の解明とそれに基づく栽培・利用技術の構築

著者	岡澤 立夫
発行年	2017
学位授与大学	筑波大学 (University of Tsukuba)
学位授与年度	2016
報告番号	12102甲第8188号
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2241/00147885">http://hdl.handle.net/2241/00147885</a>

花壇用花きの室内利用に必要な諸条件の解明と  
それに基づく栽培・利用技術の構築

筑波大学大学院  
生命環境科学研究科  
先端農業技術科学専攻  
博士（農学）学位論文

岡 澤 立 夫

## 目 次

第1章 総合緒言	…1
第2章 布素材による栽培容器の園芸利用時の特性解明、および利用システムの開発	
1. 緒言	…7
2. 材料および方法	…9
3. 結果	…11
4. 考察	…13
第3章 花壇用花きの室内利用を目指した焼却可能な有機質培地の利用	
1. 緒言	…29
2. 材料および方法	…29
3. 結果	…31
4. 考察	…33
第4章 花壇用花きの室内観賞における光強度の及ぼす影響	
1. 緒言	…44
2. 材料および方法	…45
3. 結果	…46
4. 考察	…48

第 5 章 総合討論	…59
摘要	…63
英文摘要	…65
引用文献	…67
謝辞	…76

## 第1章 総合緒言

植物の成長や開花をより身近な室内で栽培し楽しみたいという欲求は、人類にとって普遍的なものであり、古くから行われてきた。3000 年前の中国では室内で盆景（Pejing）として植物を観賞していたとされている（Zhou・Xu、1993）。これが日本へ伝わり盆栽の文化へとつながっていった。エジプト、ギリシャ、イタリア、インド、イラクなど古代文明が発展した地域でも、鉢に植えられた植物が壁画に描かれていたことから、古代のあらゆる地域で植物の観賞が室内で行われていたことが伺える。実際、2000 年前のポンペイ遺跡では、テラコッタ鉢の中から低木や熱帯植物の痕跡が見つまっている（Manaker、1997）。このように室内で植物を楽しむ行為は古くから行われてきたが、一般大衆が楽しむようになってからは歴史が浅い。欧米諸国においては、室内の緑化が定着し始めたのは 19 世紀に入ってからである（穂鷹、2001）。これ以前にも、住宅を美しく飾るための装飾物として植物を室内に習慣はあったが、貴族的趣味の宮廷園芸にとどまっていた。一方、日本では、1860 年来日したイギリス人植物学者ロバート・フォーチュンが当時の江戸を「世界の園芸大国」と絶賛したように、江戸時代にオモトやサクラソウなどの鉢植えが室内で観賞された例は少なくなかった（東京都江戸東京博物館、2016）。これらは古典園芸植物と呼ばれ、武士などの支配層のみならず庶民の間にも愛好熱が広まったことで、園芸文化として定着・発展した。明治、大正時代に入ると、日本古来の園芸作物に加えて、インテリアグリーンとして観葉植物が欧米諸国から導入された。導入当初は皇族、貴族の趣味娯楽的な域を出なかったが、戦後になってようやく西洋文化の輸入と建築物の近代化にあわせて、一般家庭にも導入が進んだ（瀬川、1958）。その後、経済成長とともに、生産・利用はさらに拡大し、観葉植物は、平成 26 年度で 4,290 万鉢が生産されるに至った（農林水産省、2015）。近年は燃油価格の高騰等の理由で生産量は減少傾向にあるが、10 年ほど前には、空気浄化能力の高いサンセベリアを中心に観葉植物の消費が一大ブームとなった。このように、日本をはじめ世界の至るところで室内植物の生産と消費が拡大した背景には、以下の技術革新が大きく関与していると考えられる。つまり、

（1）プラントハンティングによる室内植物として適した植物種の増加、（2）施設栽培による高品質

化と周年生産、(3) 観賞に適した光環境に関する研究開発、(4) 鉢の観賞性と利便性の向上(鉢の材質・形状・模様の工夫、培地の材質と軽量化)、(5) 植物が持つ副次的効果(空気浄化機能やストレス緩和効果など)の実証、が挙げられる。プラントハンティングが席卷した時代背景としては、大航海時代、植民地政策、産業革命がある(Allan・Kim、2007)。特に産業革命以降の好景気が起爆剤となって、世界中の主に熱帯地方から室内に向く観葉植物が多く集められた。大気汚染が原因で観葉植物の室内利用が定着したのもこの時代である。また、産業革命によって鉄やガラス材が大量に生産され、英国では全面ガラス張りの温室が多く建てられた(新妻、2004)。このような温室関連施設の発展が低温の苦手な観葉植物の生産・消費拡大に大きく寄与したことも避けられない事実である。特に欧米の寒冷地では熱帯性の植物は越冬できないため、施設の整備とそれに伴う暖房技術の発展は収集した植物の保存、増殖を可能にした。日本では、鹿児島県や東京の八丈島など温暖な地域では戸外で観葉植物が栽培されていたが、戦後は施設化の進展で消費地に近い愛知県や静岡県で生産が盛んとなった(藤村、1966)。ガラスの生産拡大は住宅にも多く取り入れ、室内がより明るくなったことで、長時間観葉植物を育てることができる環境が整った。近年、観葉植物の品質を維持するために必要な照度が品目毎にマニュアル化され(Briggs・Calvin、1987; Harris ら、1998)、LED や蛍光灯など人工光源を利用した補光技術の開発が進み(新井・大石、2011; Trinklein、2016)、利用場面に応じた最適な照射量、照射方法が明らかとなった。19 世紀の西欧では近代的な園芸が発達し、素焼き鉢の利用が拡大した。19 世紀後半に入ると、素焼き鉢よりも軽量、かつ安価なプラスチック鉢が開発され、素焼き鉢に置き換わり大量に生産された。日本にも 20 世紀中ごろから導入が始まったが、導入時は高温時における生育の不揃いや不良が問題となった。Bunt・Kulwiec (1970) が報告しているように、プラスチック鉢では素焼き鉢と比べ、地温が高くなることが原因として考えられた。しかし、ピートモスを主体とした混合培地や、通気性を工夫した培地を開発することで、プラスチック鉢の普及が一気に進んだ(塚本、1978)。一方、室内インテリアにマッチした観賞場面において、鉢は機能的だけでなく、装飾的でなければならず、江戸時代には趣味園芸において、鉢はきわめて趣味豊かなものであり、一つひとつが装飾の施された芸術性の高いものであった(浜崎、2012)。西洋においても、18 世紀中ごろ

ろ、装飾された陶器鉢が大量に作られ、一般大衆へと広まっていった (Meteyard、1866)。以上述べてきたように、観葉植物の利用が技術の発達とともに進んできたが、それに加え、観葉植物の持つ副次的効果が相乗して人気を後押しした。下村ら (2007) は、家庭における室内緑化の利用実態の中で、室内に植物を置く理由を調査している。回答で「インテリアとして」が最も多かったが、次いで「心が安まる」が挙げられた。室内の植物が人間に与える影響については、様々な研究があり、ストレスの緩和 (仁科ら、1998 ; Pearson-Mims・Lohr、2000 ; 今西ら、2002 ; 橋本ら、2014) や視覚疲労の回復効果 (近藤・鳥山、1989 ; 浅海ら、1995) が実証されている。また、先に述べたように観葉植物のもつ空気浄化能力も着目され、浄化能力については様々な研究が行われてきた (康ら、2007 ; Wolverton・Wolverton、1993 ; 藤井ら、2007)。これら研究成果が浸透し、観葉植物は単に飾る対象ということだけでなく、室内空間を快適にしたり、心をなごませたりする対象として認知されてきた。このように、観葉植物はインドアプランツとして確固たる地位を占めてきたが、一方で、魅力ある花を咲かせる品目は限定されるため、花の持つ多様な色を表現し、季節感を醸成することができないのが弱点である。

一方、花壇用花きの平成 24 年度の消費量は、平成 14 年度のピーク時と比較して平成 24 年度では 20%以上落ち込んでいる (農林水産省、2013)。この理由として、ガーデニングブームの終焉による室外利用の減少 (長谷川、2006 ; 高橋・下村、2002)、景気低迷による公共需要の低下 (内藤・藤本、1997)、高層ビル構造物による植栽環境の悪化 (近藤、2015)、戸建て住宅から集合住宅への志向の変化による緑地面積の減少 (宇川ら、2015) などが挙げられる。このように、花壇用花きにおいては、消費場面での構造変化によるところが消費低迷の要因として特に大きい。そこで、この消費低迷の打開策として、消費構造の変化に対応したオリジナル花き商品開発が必要であると考えた。本研究では、この特性を有する商品を開発するために、花壇用花きの室内利用という新たな観賞スタイルを実現する栽培・利用システムの構築を目指した。通常、切り花は室内で、鉢花は室内や室外で、花壇用花きは室外で利用されている。室内での観賞に限定すると、切り花は観賞期間が 1 週間程度と短く、鉢花は概して観賞期間が 1 か月程度と長いが購入単価が高いのが問題である (滝沢、2004)。一方、花壇用花きは室外利用を想定し育種が行われているが、花壇用花きの室内利用が実現できれば、切り花より

も観賞期間が長く、鉢花よりも単価が安い商品を創出することが可能となる。

先に述べたように、観葉植物の需要が拡大した背景として5つの要因について述べた。この過去の事例をもとに、花壇用花きの室内利用を目指すための研究開発に必要な条件として、以下の5つを取り上げることとした。5つの条件とは、(1) 室内インテリアとして高い観賞価値を有しデザイン性に富む鉢を開発すること、(2) 消費者を意識した展示方法を提案すること、(3) 軽量で持ち運びに優れ、栽培管理が容易な培地を用いること、(4) 室内環境に適する品目を選定すること、(5) 観賞時の光環境の影響を解明すること、である。なお、温室関連施設の整備はすでに確立されているためここでは考慮していない。

本研究では、室内インテリアにおいてデザイン性が高い素材として、学校やオフィスの制服で活用されている布生地に着目した。そこで第2章では、鉢の代替として布素材を栽培容器へ加工する手法を開発するとともに、慣行のポリポットとの特性の違いを解明することで布素材の栽培容器に最適な利用方法を解明しようとした。また、布容器では、生地に含まれるウールが原因で白色のカビ(菌類)が底部に発生し美観を損ねることがある。そこで、発生する菌類の種類を同定するとともに、抗菌剤によるカビ抑止効果について検証した。また、布容器の美観を損ねる現象として、表面に白く硬化した塊が固着することがある。本章では、この現象を引き起こす物質を特定するとともに、培地の組成との関連性を検討した。さらに、本システムは全く新しい観賞手段であるため、消費者ニーズを意識した、インテリアデザインにマッチするような装飾方法を考案する必要がある。そこで、布素材の栽培容器に適した壁面緑化フレームを開発するとともに、アンケート調査を実施しフレームを活用した展示方法について消費者の意向を把握することとした。

一方、花と暮らしの関わり方に関するアンケート調査(東海農政局、2012)によると、消費者が鉢花を購入しない理由として、観賞後処分時の鉢と土の分別の煩雑さや土の捨て場所が少ないことなどを指摘している。また、土の室内への持ち込みは、リビングやオフィスなどの清潔さを重視する室内インテリアには不向きであるのと同時に、廃棄が困難な場合も多いと考えられる。このような問題の解決策として、可燃ごみとして焼却できる有機質培地の使用が有望である。園芸用の有機質培地



としては、ココナツの果実繊維（コイア）、ピートモス、もみ殻くん炭、針葉樹の樹皮（バーク）がある。コイアはココナツ果実の硬い殻をつくる繊維状の層で、3～5年堆積し、発酵させたものである（藤原ら、2010）。pHは弱酸性で、保水性と通気性、保肥力に富む。ピートモスは、低気温地域の沼地や湿地に生育したヨシ、スゲなどの植物遺体が分解作用の進まない条件下で、長年にわたり堆積して生成されたものである。土壌の膨軟化、保水性の改善を目的に使用される。もみ殻くん炭はもみ殻を蒸し焼きにして炭化させたものをいう。非常に軽く、通気性、保水性、排水性に優れる。バークは樹木の樹皮のことで、広葉樹と針葉樹を含め多くの樹種がある。大きめの鉢物の化粧用の用土などに使用される。これらいずれの資材も焼却可能な培地として有望であるが、岩崎・千葉（1999）は、トマトの循環型養液栽培システムにおいて、コイアやバークの培地が、もみ殻くん炭や従来のロックウール培地と比較して、収量や品質を高めることを報告している。バークは花き園芸ではほとんど使用されていないが、コイアは普及が進み入手が容易なこと、コイアとピートモスの混合培地がイチゴ栽培で実用化されていること、ピートモスは園芸用培地として多く利用され、東京都の農業試験場の標準用土としても使用されているなどの理由から、第3章では、コイアとピートモスの2種類を有機質培地として選び、その比率と培地量が生育や開花に及ぼす影響を明らかにするとともに、十分な品質を得るための最適値について検討した。

花壇用花きの室内栽培・利用システムの構築において、品質保持の最大の制限要因は弱光であると考えられる。日照量の少ない場所でも良く生育できる植物は陰生植物、日照量の少ない場所では生育できない植物は陽生植物と呼ばれている。また、植物は光の強弱により、陽葉と陰葉が形成される（Boardman、1977；Anderson、1986）。一般に、高照度下で生長した葉（陽葉）は、低照度で生長した葉（陰葉）よりも、柵状組織が発達し、厚みが増すとともに、背軸と向軸側の表層部分の気孔密度が高まる（Chenら、2002；Murchie・Horton、1997）。同様に、葉緑体の超微細構造も変化し、陰葉では陽葉と比べて、チラコイド膜がより密着して帯を形成した構造をとる（Anderson、1986；Chowら、2005；Terashima・Hikosaka、1995）。また、岩崎（1995）と雨木（2016）によると、強光下で栽培したフィカス・ベンジャミナを模擬室内環境に暴露することで、糖含量の低下とともに、葉緑体当たりの

クロロフィル含量の増加、柵状組織細胞の小型化が観察された。これらの反応は、光収集に有利な体勢を構築し、弱光下でも光合成を効率的に行えるようにする弱光順化だと考えられている。このように、観葉植物は弱光下に置かれると生理的、形態的な変化を引き起こしその環境に適応しようとする。この適応能力、つまり室内での生育環境における光要求量は植物種によって異なることが知られている (Schulz、1955 ; Briggs・Calvin、1987)。そこで、第4章では、花壇用花きとして多く流通している品目について、弱光下での開花性や生育特性を調査し、室内の光環境への適応性が高い品目を明らかにするとともに、花壇用花きの室内適応性に関して開花期間を指標にして分類することを試みた。一方、室内での設置場所によって光強度が異なることが想定される。例えば、部屋の中央部か窓際かで照度は大きく異なる。これら室内における設置場所等の指針を得るため、室内適応性の高いと判定した品目について、光強度の違いが観賞時の生育や開花に及ぼす影響について検証した。さらに、必要な光量を確保できない場合の補光技術として、LEDの利用を検討した。LEDを利用した研究はペチュニア (宮坂ら、2005)、ヒマワリ (平井ら、2006) や観葉植物 (新井ら、2013) で報告されているが、室内観賞時の品質向上を目的とした報告はこれまでにない。

以上のように、本研究は花壇用花きの消費拡大という経済的な視点のみならず、主に観葉植物におけるこれまでの歴史的発展な過程を参考にして、花壇用花きの室内利用という新たなジャンルを確立するため、植物の生態的特性ならびにそれに対応した技術要素を網羅的に整理し、体系化することを目指した。

## 第2章 布素材による栽培容器の園芸利用時の特性解明、および利用システムの開発

### 1. 緒言

本章では、総合緒言で述べたとおり、布素材を縫製・加工し、栽培容器としての園芸利用を目指した。Sekuden ら（2012）は、制服の布素材を農業分野へ応用した例として、マルチやネギの軟白資材の事例を紹介しているが、これまで布素材を栽培容器として活用した研究例はない。制服の布素材は、デザイン性に富み加工が容易で、品質が安定して、丈夫で長く使用できるという特長があり、リサイクル材料として好適である。しかしながら、繊維製品 3R 関連調査事業の報告書によると、2009 年の衣料品の国内供給量は約 1,100 kt、排出量は約 941 kt、リサイクル量は約 106 kt で、リサイクル率は 11.3%に留まっている（経済産業省、2011）。リユース、リペア量を併せても、排出量の 26%程度しか有効活用されていない。このように、衣料品の 70%以上が廃棄処分されている現状から、衣料廃棄物を安価に入手して利活用することが可能である。植物の成長に影響を及ぼす温度、水分、日光の 3 大因子のうち、布素材の栽培容器において影響が大きいと考えられるのは地温変化と水分の動態である。そこで、本章では、布素材の栽培容器としての特性を把握するため、保水性や培地温に対する影響をポリポットと比較調査した。

布素材を栽培容器として利用すると、栽培 1 か月程度で、白色のカビ（菌類）が生地底部に発生し、生地表面に白色の固形物が付着することがある。室内利用を目指す場合は特に、カビや固形物が出現することは衛生的にも美観上にも問題がある。衣服布とカビに関する論文として、細菌 5 種、カビ 7 種接種後の衛生加工材処理効果（神野、1960）やカビ 4 種接種後の重量減少への影響（佐藤、1969）に関する報告はあるが、これは、人為的にカビを接種・増殖させた研究結果である。一方、本研究で対象としているカビは園芸利用時の栽培期間中に布生地其自然発生する。そこで本章では、防除対策の基礎資料を得るため、布素材に発生する菌類の種類を同定するとともに、環境負荷軽減や消費者ニーズを考慮し、天然抗菌活性物質である木酢油およびヒバ油の抗菌剤の防除効果を検討した。

さらに、モルタル中の水酸化カルシウムが溶け出し、空気中の炭酸ガスと反応し、炭酸カルシウムになる白華現象（安達ら、1998）と同様の現象が生地表面にも生じる。そこで本章において、発生する白色の固形物の原因となる物質を特定し原因を究明するとともに、対策に向けて栽培用土の組成との関連性を検証した。

一方、室内における壁面装飾は、小児病棟では不安軽減効果（鈴木・岡庭、2008）、幼稚園では教育的意図（幡野ら、2009）があり、壁面空間は対象とする場所で利用目的が多種多様である。植物を活用した壁面での緑化はヒートアイランド（渋谷・佐藤、2004；沖中ら、1994）、騒音（Martens・Michelsen、1981）、建物の劣化（Chong・Ali、2012）軽減効果が報告されている。壁面緑化には設置の仕方で、ワイヤー型（ワイヤーなどを設置して植物を登坂させて行う方法）、下垂型（壁面上部にプランターなどを設置し、植物を下垂して行う方法）、プランター・パネル型（壁面にフレームを設置して、植物をそこに植栽する方法）に分けられる。パネル型の一種として、薄型の緑化資材であるマット植物を壁面緑化する手法を筆者らは報告している（岡澤ら、2008）。同様に、本研究で開発した布容器は軽量で薄型であるため、プランター・パネル型の壁面緑化が有効であると考えられた。Perini ら（2011）が指摘しているように、壁面緑化におけるパネル式は装飾的であるが、より構造が複雑であり、これに対応した灌水システムの開発が不可欠である。そこで、本章では布容器に適した壁面緑化用フレームを開発するとともに、安定的に水を供給する灌水用の吸水シートを検討した。吸水シートを構成している高吸水性樹脂は合成ポリマー系と天然物由来系がある（特許庁、2014）。前者にはポリアクリル酸系、ポリビニルアルコール系、ポリエステル系などがあり、後者にはデンプン系、セルロース系などがある。平井ら（2012）は灌水労力を軽減する吸水性シートとして、合成ポリマーのポリエステル、天然物由来のセルロース、およびポリエステルと綿、あるいは麻との混合したシートを作製し、吸水性の比較評価を行ったところ、ポリエステルよりもセルロースの吸水能力は低く、ポリエステルの綿、あるいは麻を混合することで吸水能力が向上することを明らかにしている。本研究では、ポリエステル同様、洗車拭き取りシートとしても商品化され多く出回っているポリビニルアルコールシートについて、吸水能力を評価した。一方、壁面緑化の問題点として導入と維持にコストがかかることが指摘

されている（Rakhshandehroo ら、2015）。そこで、開発した壁面緑化システムについてアンケート調査を実施し、どれくらいの価格帯であれば許容できるのか、およびどのような展示方法であれば高く評価されるかを分析する。

## 2. 材料および方法

### 実験 1. 栽培容器の種類が保水性と培地温度に及ぼす影響

岡澤ら（2016）が考案した布製の栽培容器を用いた栽培方法に従って行った。すなわち、栽培容器は廃棄制服由来の布素材（（株）トンボ）を 10 cm 四方となるように袋状に縫製加工（Fig. 1）したもの（以下、布容器）を利用し、試験に供した。2 枚重ねにした布に切れ込みが互いに交差するように入っており、培地の流出を防ぐ構造とした。対照として、黒色ポリポット（口径 10.5 cm×高さ 9 cm、以下、ポリポット）を使用した。栽培用培地は、コイア（ココユーキ、スリランカ産、（株）DIA）と無調整ピートモス（メインリバー、カナダ産、王子木材緑化（株））を等容積混合したものをを用いた。培地量はいずれも 200 mL とした。培地に十分水を含ませた後、2 時間経過し重力水が落ち切った時点を目安とし、それから 24 時間おきに 72 時間まで各区 3 個の重量を測定した。実験は 2014 年 10 月 31 日と 11 月 10 日の 2 回、同様の方法で実施した。培地温度は、培地表面から深さ 1 cm の部分を、2014 年 11 月 12 日から 11 月 13 日にかけて測定した。その際 T 型熱電対線（TJ032、二宮電線（株））を温度センサーとして用い、5 分おきにデータロガー（GL220、グラフテック（株））に測定値を記録した。実験は換気温度を 25℃、暖房温度を 16℃に設定したガラス温室内で実施した。

### 実験 2. 布素材に発生する菌類の系統解析、および抗菌剤の施用効果

実験 1 で示した布容器に標準培地を充填し、2011 年 4 月 26 日にベゴニア・センパフローレンス（*Begonia semperflorens*）‘アンバサダー ローズ’（（株）サカタのタネ）苗を定植し、慣行どおり栽培した。6 月 10 日、布素材表面に発生した菌類の菌体を走査型電子顕微鏡（PV1000、日本電子（株））

で直接観察した。菌の系統解析はプライマーITS1 および ITS4 を用い、菌体をテンプレートとして直接 PCR を行うことによって rDNA 遺伝子の ITS 領域を増幅し、増幅した DNA の塩基配列をもとに BLAST 検索 (DDBJ) を行った。この領域の塩基配列と高い相同性を示す菌類について、既報の論文を参照し系統樹を作成することで系統解析を行った。系統樹の作成は、Clustal W (DDBJ) を用いる NJ 法で行った。

抗菌効果は 10%木酢油と 10%ヒバ油を使用し検証した。それぞれ木酢油区、ヒバ油区とし、半量ずつ混合した区を混合区とした。これら抗菌剤は 9%PVA (ポリビニルアルコール) 液 (重合度 500、けん化度 87.0-89.0 mol%) に溶解させ衣類へ浸潤させた。対照として、無処理区およびキャプタン剤区 (1000 倍) を設けた。カビ発生程度は 3 か月後、5 か月後に撮影した画像を画像処理ソフト ImageNos で解析し、布容器の裏面 (植物定植用スリットがある面の反対面) の面積のうちカビが占める割合を算出した。

### 実験 3. 布素材に発生する白色固形物の解明と用土組成との関連性

固形物質の成分は、布容器表面に白色の固形物が出現している部分と出現していない部分をそれぞれ 5 枚ずつ切り出し、エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置 (JSX-3100R II、日本電子 (株)) で測定することで解析した。出力部直径は 1 mm コリメータとした。

実験 1 に準じた布容器に、標準用土 [(赤土 : 腐葉土 (東京都農業試験場内で 1 年間堆積・腐熟させたもの) : 無調整ピートモス (メインリバー、カナダ産、王子木材緑化 (株)) = 5 : 3 : 2 (容積比))、あるいは標準用土を構成する資材を単体で 200 mL 充填した。基肥として、用土 100 L 当たりエコロング 413-100 を 300 g (ジェイカムアグリ (株))、マグアンプ K 中粒を 200 g ((株) ハイポネックスジャパン)、17.5 粒状過リン酸石灰 (コープケミカル (株)) を 250 g 混合した (N : 54 g、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : 158 g、K<sub>2</sub>O : 54 g)。標準用土に肥料を添加した施肥区、添加しない無施肥区、腐葉土単体の腐葉土区、赤土単体の赤土区、ピートモス単体のピートモス区の 5 区を設置した。各処理区において、植物体を植付けせず約 3 か月間灌水処理した後、上面より栽培容器を撮影した。白色固形物の発生程度は、撮影し

た画像を画像処理ソフト ImageNos で解析し、布容器の表面（植物定植用スリットがある面）の面積のうち白色固形物が占める割合を算出した。

#### 実験 4. 布素材の栽培容器に適した壁面緑化フレーム試作、およびそれを活用した展示方法の開発と評価

Fig. 2 に示す壁面緑化用フレーム（井和工業（株）加工・成型）を試作した。フレームで使用するための吸水シートとして、5 cm×11 cm に成形したポリエステル、およびポリビニルアルコール(PVA) 素材のシートを用い、フレームの貯水部に差し込んだ。貯水部には常時水が残るように管理した。実験 1 に準じ、コイアと無調整ピートモスを等容積混合したものを布容器に充填し、試作したフレームに差し込み、20℃、1,000 lx ( $16.8 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  PPFD) 条件下で管理し、5 日おきに 2 回重量を測定した。アンケート調査は、アグリビジネス創出フェア 2014（日時：2014 年 11 月 12 日～14 日、開催場所：東京ビッグサイト）の出展ブース来客者を対象（n=28）に、壁面緑化用フレームにビオラが植えつけられた布容器が装着されているユニットを見せ、研究開発した経緯やアンケートの趣旨等を説明したのち、選択肢による記入方式で実施した。アンケート内容は、年齢（10 歳刻み）、性別、購入希望金額、購入の意思、ユニットを活用した展示物への評価とした。ユニットを活用した展示物は、サレジオ工業高等学校の生徒を中心にデザインし、クラフト細工は福島県葛尾村で作製したものを使用した。

### 3. 結果

#### 実験 1. 栽培容器の種類が保水性と培地温度に及ぼす影響

布容器ではポリポットと比べ乾燥しやすく、処理 24 時間後には実験開始からの重量低下率に差が生じていた（Fig. 3）。その差は時間が経つにつれて大きくなり、72 時間後には 30%以上の差となった。供試したポット間でデータの差はほとんどなかった。一方、培地温度はポリポットと比べ布容器で低くなり、晴天であった 11 月 13 日で最大 6.3℃の差となった（Fig. 4）。曇天日の 11 月 12 日にお

いても、布容器において最大 1.5℃の培地温度の低下が認められた。また、布容器の培地温度は、特に夜間において温室内気温と比べて低くなった。

## 実験 2. 布素材に発生する菌類の系統解析、および抗菌剤の施用効果

菌叢には、分生子の多いもの、菌糸の多いものの 2 種類が認められた。分生子を走査型電子顕微鏡で観察したところ、形状は卵形～紡錘形で、大きさは約 4.7 μm×2.5 μm であった (Fig. 5)。菌叢から掻き取った菌体を直接テンプレートとして用いた PCR 法によって分生子の多い菌叢、菌糸の多い菌叢のいずれからも DNA が増幅した。増幅した DNA の塩基配列 (Fig. 6, DDBJ アクセションナンバー LC033905) を解析したところ、*Verticillium* 属菌あるいは *Simplicillium* 属菌の持つ ITS 配列と 95% 以上の高い相同性があった。Zare・Gams (2008) の報告を参考に系統樹を作成したところ *Simplicillium* 属菌と同じクレードに分類されることがわかった (Fig. 7)。

抗菌剤の施用効果を調査したところ、処理 3 か月後は無処理区でカビが発生したが、そのほかの区ではカビの発生はみられなかった。このように木酢油とヒバ油はキャプタン剤と同等の高い防除効果を示した。一方、5 か月後はキャプタン剤区で継続して高い防除効果があったが、そのほかの区ではカビの発生がみられた。カビの発生程度はヒバ油区<混合区<木酢油区の順で大きく、木酢油と比べヒバ油は防除効果が高かった (Fig. 8)。

## 実験 3. 布素材に発生する白色固形物の解明と用土組成との関連性

衣料素材に発生する白く硬化した部位では、Ca (カルシウム) と S (硫黄) が主要な元素であった。白く硬化した部位とそれ以外の部位 (Fig. 9A) の元素組成を比較したところ、白く硬化した部位では Ca が 55.8 質量%に対し、それ以外の部位では 12.3 質量%で、白く硬化した部位で有意に高かった (Fig. 9B)。S は白く硬化した部位では 30.6 質量%に対し、それ以外の部位では 67.3 質量%であった。施肥区と腐葉土区では、白色固形部が 10%以上みられた (Fig. 10)。無施肥区においても 1.9%と発生はわずかだがみられた。一方、赤土、およびピートモス単体では発生がみられなかった。



#### 実験 4. 布素材の栽培容器に適した壁面緑化フレームの試作、およびそれを活用した展示方法の開発と評価

開発したフレームは、布容器を固定する部分と水を貯水・給水する部分を分離しそれぞれを独立させた構造となっている。給水は、背面に配置した給水シートを介して行い、必要量だけが供給される仕組みとした (Fig. 2)。ポリビニルアルコール (PVA) シートは、ポリエステルシートと比べ、重量の経時的変化が少なく、安定して水を供給した (Fig. 11)。

展示方法に関するアンケート対象者の年齢構成は、20 歳代が 8 人、3、40 歳代が 15 人、50 歳代が 5 人で、男女比は男性が 12 人、女性が 16 人であった (データなし)。購入希望の設問に対して、購入希望が 70%以上で、購入しないと回答した人はいなかった (Table 1)。布容器とフレームのセットでの希望価格は、平均 795 円であったが、200~5,000 円と数値幅が大きかった。改良点は「花の種類を増やす」が最も多く、次いで「ハーブなどの利用」であった。望ましい利用方法として、4 割程度がジグザク型やトイレ設置型の展示方法を選択し、3 割程度がクラフト細工との組合せを選択した (Fig. 12)。

#### 4. 考察

用いた布素材は、ポリエステルとウールが主体で、栽培容器全体から水分を吸水することが可能だが、逆に、表面からの蒸発により水分が奪われ、培地温度が低下し乾燥しやすいという特徴がある。水分損失は早い段階から生じ、灌水 72 時間後ではポリポットと比べ重量比で約 30%の差異が生じた (Fig. 3)。また、布容器からの盛んな水分蒸発は気化熱による培地温度低下をもたらすものと考えられる (Fig. 4)。これに対して慣行のポリポットはポリエチレンを材料としており、素材表面からは培地の水が蒸発せず、開口部は土壌表面と底面の排水用の穴のみである。また、布素材の栽培容器は Fig. 1 のように袋状に整形しており、平板状で土層が薄く、ポリポットは、垂直方向に長く土層が

厚い構造となっている。このような布栽培容器の素材と構造が水分の動態と培地温度に違いを生じさせたと考えられる。従って、布素材の栽培容器を利用する場合は、これらの特性を把握したうえで灌水や温度管理を行っていく必要がある。

実験 2 の結果より、ウール素材の布容器に発生する菌類（カビ）は *Simplicillium* 属菌か、それに近い菌であることが示された（Fig. 5、Fig. 6、Fig. 7）。*Simplicillium* 属菌はダニ、カイガラムシなどに寄生する病原体として報告されている（Polar ら、2005 ; Bischoff・White、2004）。また、ダイズのさび病に対する拮抗作用があり、生物農薬としての利用が期待されている（Ward ら、2012）。一方、サルビアでは、褐斑病の病原体（Chen ら、2008）として問題視されている。栽培する品目への病原性については、今後の調査が必要である。

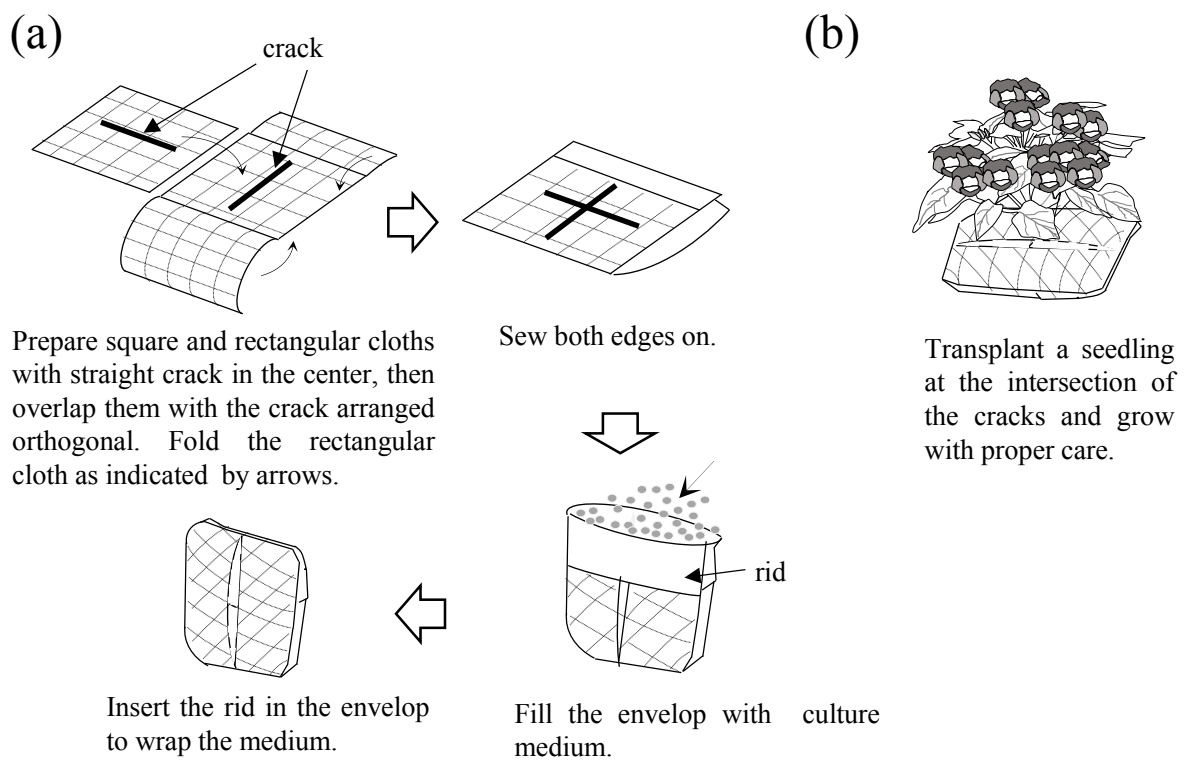
森田ら（2011）は、木酢油とヒバ油のいずれもミツバチに寄生するハチノスカビに高い抗菌効果を示すことを報告している。本研究においても、布素材に発生するカビに対して、木酢油とヒバ油の防除効果が高く、その効果は 3 か月程度持続することが明らかとなった（Fig. 8）。ヒバ油は高濃度による植物への影響は見られなかったが、木酢油は 5%を超える高濃度で処理するとダイアンサスやペチュニアなど花壇用花きで生育が阻害され、株全体が枯死することを確認している（データなし）。高濃度の木酢油が生育を阻害することはトマト、ナス、メロンにおいても報告されている（中島、1993）。また、木酢液の独特の臭気も室内では問題となる。一方、ヒバ油は抗菌効果も高く、植物への影響が見られなかったことから実用性が高いことが明らかとなった。

白色の固形物が付着している部位ではカルシウムが有意に高かった（Fig. 9）。硫黄も含まれたことから、固形物の原因となる物質は硫酸カルシウムであることが示唆された。また、用土組成の試験から、施肥区と腐葉土区において有意に固形物が出現した（Fig. 10）。このことから、肥料および腐葉土に含有するカルシウムが原因で、固形物が出現すると考えられた。したがって、布容器を用いる場合、腐葉土を含まない用土を用いるとともに、肥料成分にも留意する必要がある。

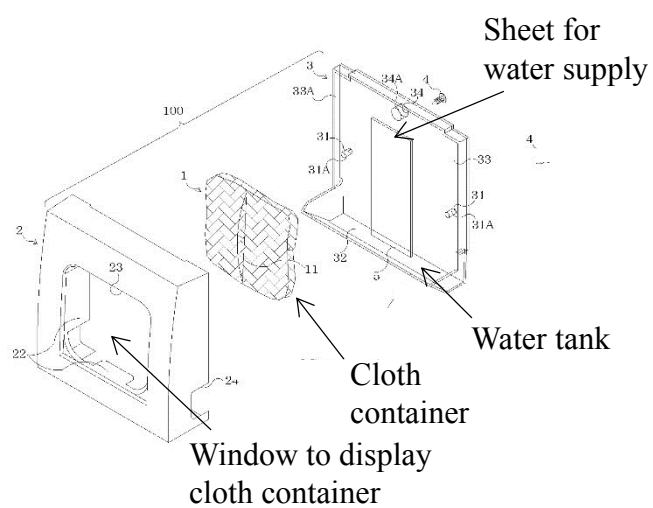
底面給水法として、吸水マットあるいは給水ひもを用いる方法があるが、給水ひもの方が水分ストレスは少ない（長村、1991）。本研究において給水ひもの材質を比較したところ、ポリビニルアル

コール（PVA）は、ポリエステルと比べ、培地の重量変化が少なかったことから（Fig. 11）、より水分ストレスを少なくできると考えられる。このことから、ポリビニルアルコールシートが給水用シートとして適することが明らかとなった。

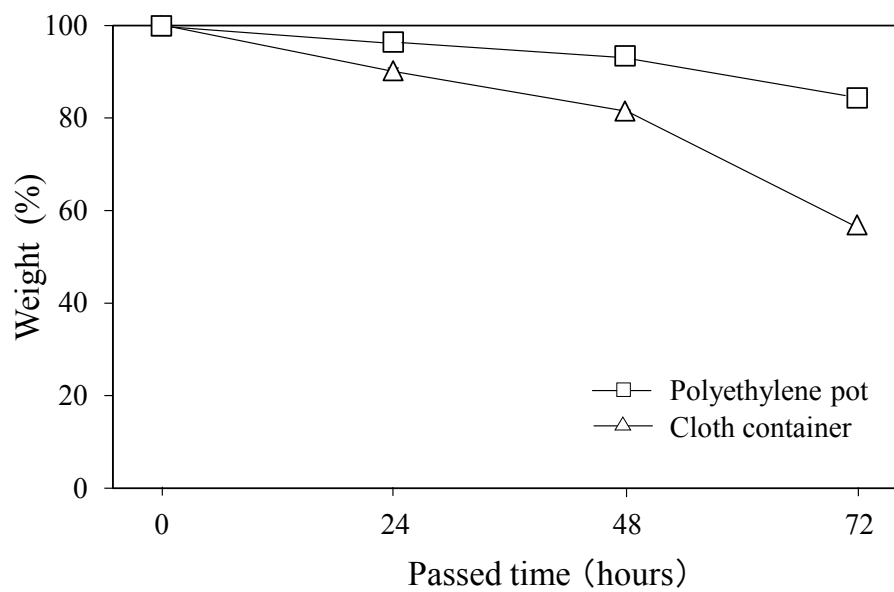
アンケート調査の結果から、布容器とフレームのセットでの購入希望価格は、平均約 800 円と（Table 1）、希望販売価格の 500 円（ワンコインで購入可能な商品を目指している）よりも高くなった。この理由として、壁面緑化という付加価値が価格に反映されたと考えられた。しかしながら、農業関係のイベントにおけるアンケート調査のため、対象者に園芸関係者が多く含まれていたことに加え、対面式のアンケート手法であったため、結果にバイアスがかかった可能性もある。一方、農林水産省（2004）の「花きの生産・流通の課題」調査において、一般小売店での花の購入に際して、大半の消費者が花の色や種類を指定すると報告しているように、改良点として多く挙げられたのが、花きの種類やハーブなど他の品目を増やすといった多様な消費者ニーズへの対応である。利用方法としては、提示した 3 つの方法（Fig. 12）とともに、それを望ましいと考える人がおよそ同じ割合で存在したことから、布容器とフレームを組み合わせた本システムは、室内において多様な利用方法に適応できることが示唆された。



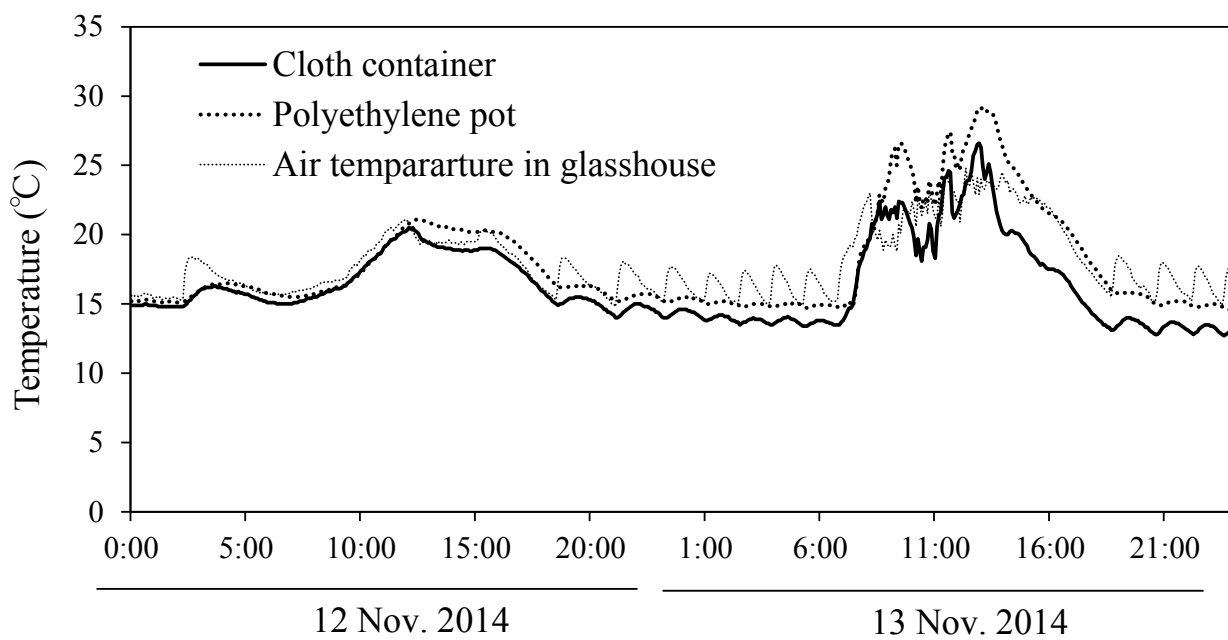
**Fig. 1.** Cloth container made of discarded school uniform.  
(a) Production process , (b) Method of use



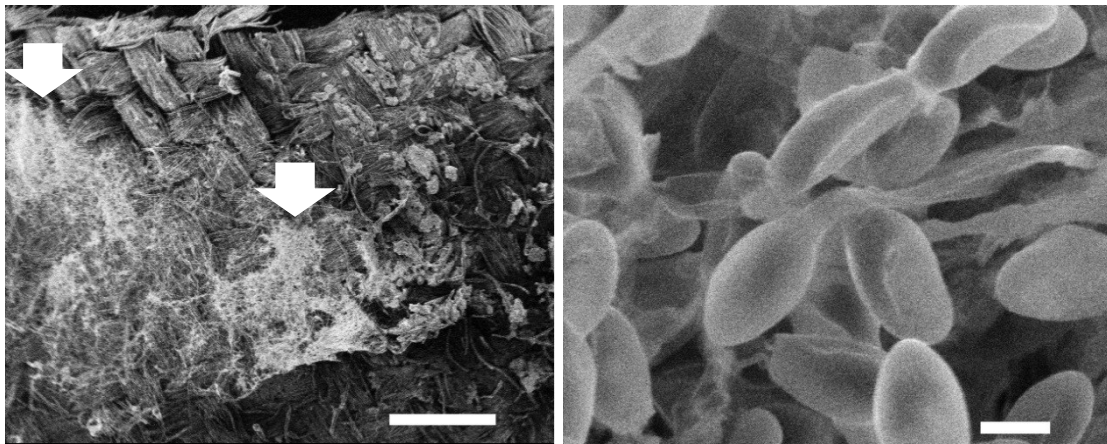
**Fig. 2.** Hanging frame which can be set on wall (left) and its structure (right). Material; front frame, ABS resin; rear plate, polypropylene.



**Fig. 3.** Effect of container on water retention. Value is the mean  $\pm$  SE of 2 replications ( $n = 3$ ). Difference between means of 2 replications is too small to be shown. The weight of 0 hour is set to 100%.



**Fig. 4.** Effect of container type on temperature of culture medium. Weather was rainy after cloudy in 12 November and fine in 13 November 2014.

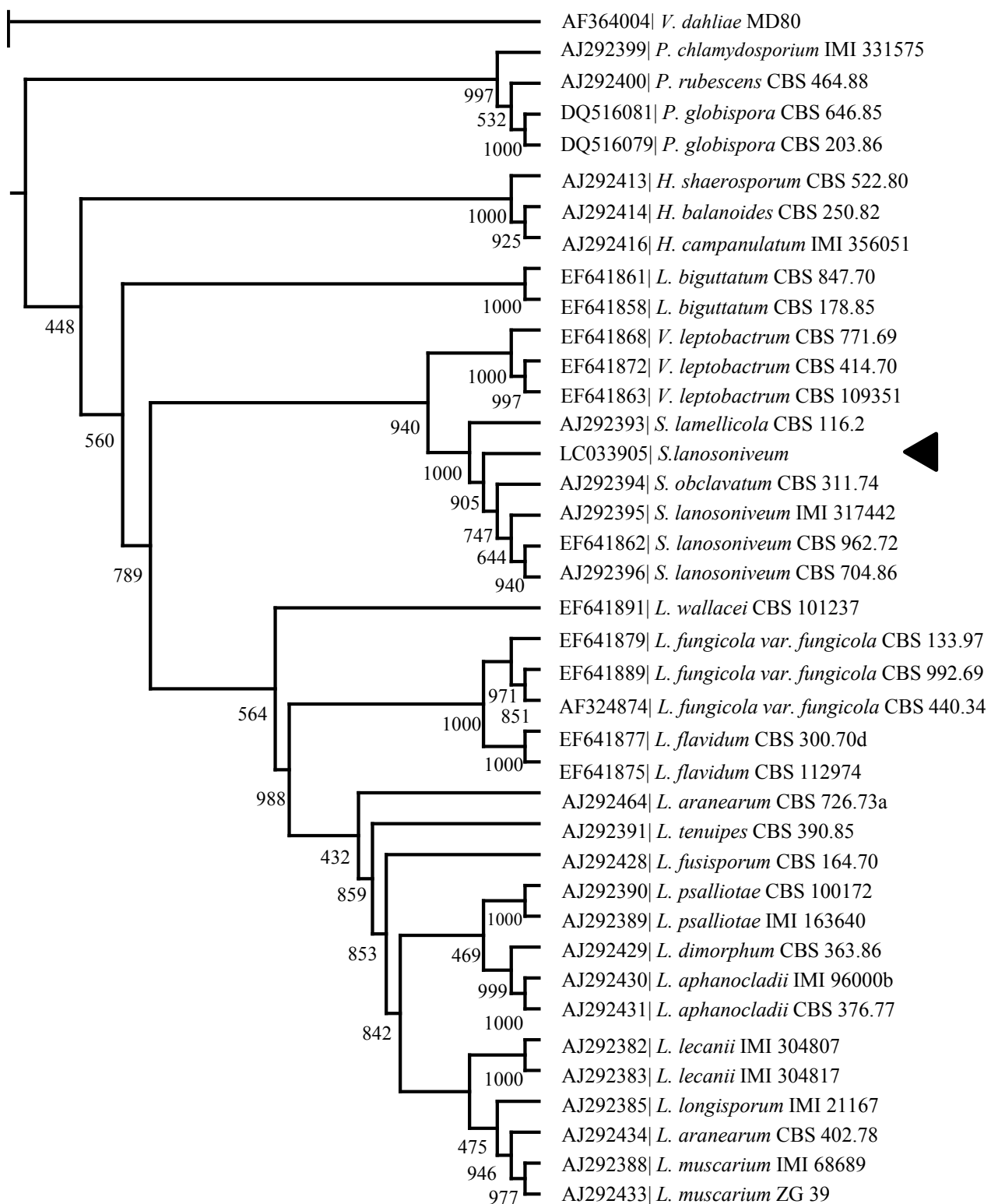


**Fig. 5.** Scanning electron microscopy of the fungal flora appeared on cloth container. Left, 22 times; Right, 1,000 times. White bar indicates 1 mm (left) and 2  $\mu$ m (right). White arrow shows the fungal flora.

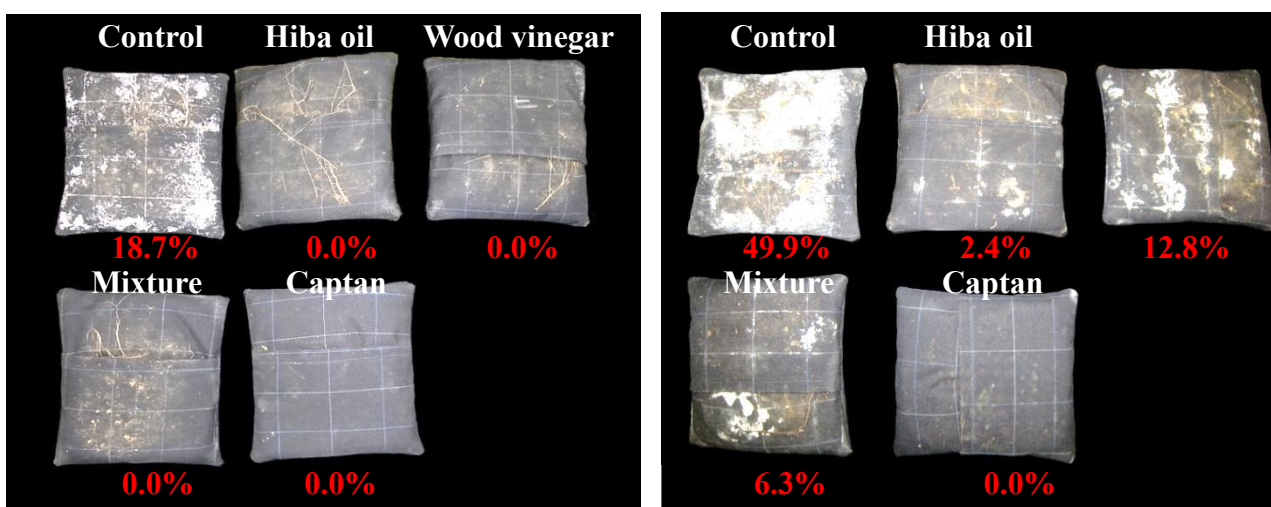


CCTATGTGACCTACCTTTATGTTGCTTCGGCGGTGTCG  
CGCCGGGTTGCCCCCAGCGGGCTCCCGGGACCACGC  
GCCCGCCGGAGACCACAACTCTTGATTTTGCGAAAG  
CAGTATTCTTCTGAGTGGCCGAAAGGCAAAAAACAA  
ATGAATCAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCT  
GGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCGATAAGTAA  
TGTGAATTGCAGAATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGA  
ACGCACATTGCGCCCGCCAGCATTCTGGCGGGCATGC  
CTGTTCGAGCGTCATTTCAACCCTCGAGCTCGTCTTC  
ATTGACGAGATCGGTGTTGGGACCCGGCAAAGCGGA  
CCCAGTCCGGCGCCGGCCCCGAAATTCAGTGGCGGC  
CCGTTGCGGCGACCTCTGCGTAGTAACTTAACCTCGC  
AGTGGAAGAGCAGCGCGGCCACGCCGTAAAACCCCC  
GACTTTTTTAAGGTTGACCTCGAATCAGGTAGGACTA  
CCCGCTGAACTTAAGCATATCAATAAAGCGGAGGAAA

**Fig. 6.** Base sequence of rDNA ITS gene amplified by PCR (accession number: LC033905) .

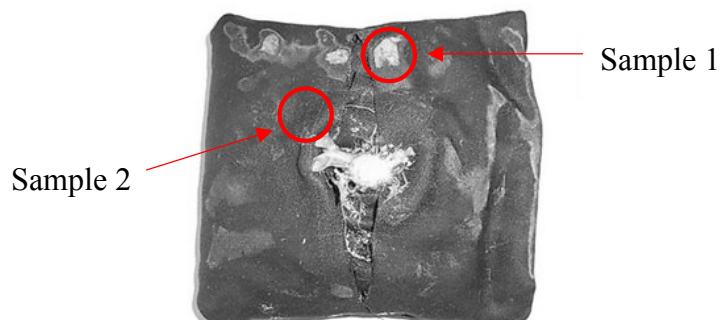


**Fig. 7.** Molecular phylogenetic analysis of fungi on cloth container, based on a base sequence of rDNA ITS gene. Name of fungi corresponding to the base sequence is same as those described by Zare and Gams (2008). Abbreviation of Genus, *H.*, *Haptocillium*; *L.*, *Lecanicillium*; *P.*, *Pochonia*; *S.*, *Simplicillium*; *V.*, *Verticillium*. Arrowhead indicates the sample fungus collected on the cloth container. Base sequence of *V. dahliae* (AF364004) is used as an outgroup. Bootstrap values are shown in the dendrogram.

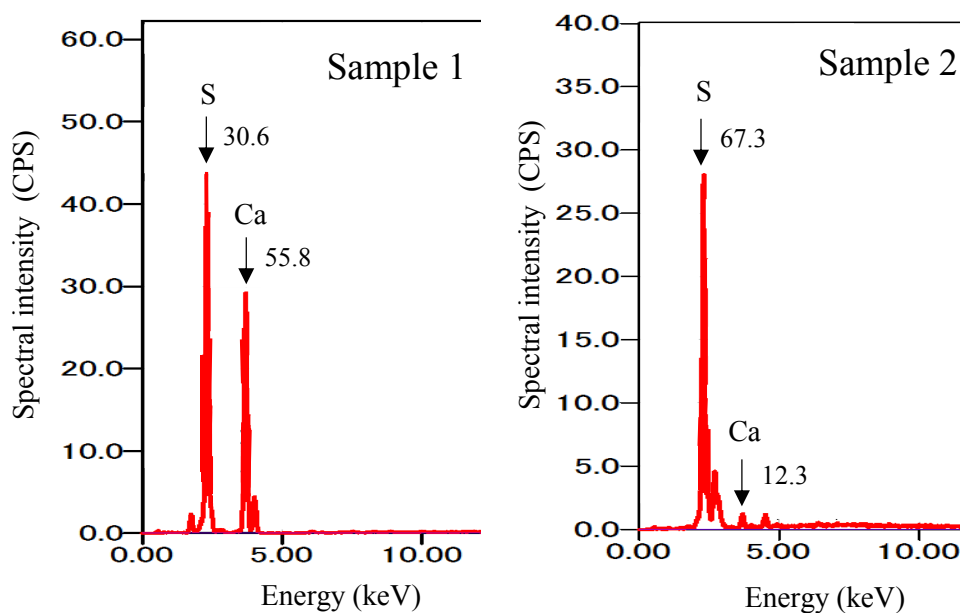


**Fig. 8.** Effect of fungicide on fungi colonies formed on the surface of cloth container. The photos are 3 (left) and 5 (right) days after fungicide application. Fungi colonies are seen in white pattern. Values (%) on the photograph mean fungi occupancy rate on cloth container. Control, non-treatment; Hiba oil, 10% hiba oil, Wood vinegar, 10% wood vinegar, Mixture, mixture of 5% hiba oil and 5% wood vinegar; Captan, 0.08% captan. All fungicides are solved in 9% PVA (polyvinyl alcohol) solution.

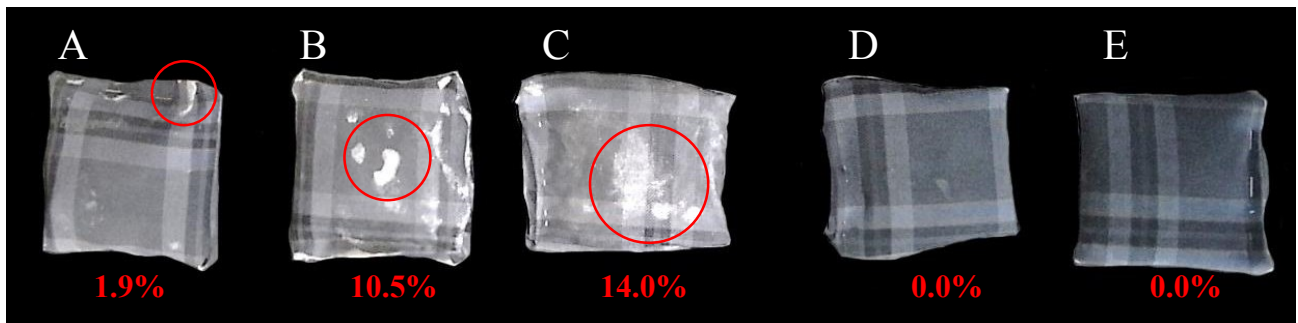
(A)



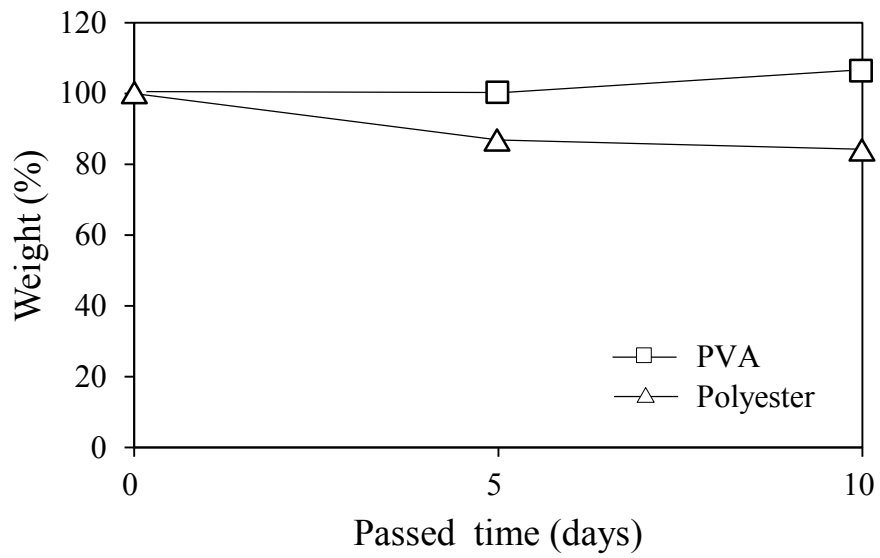
(B)



**Fig. 9.** X-ray fluorescence spectrum of white solid accumulated on cloth container. (A) Cloth samples were excised from area with white solid accumulations (Sample 1) and without any accumulations (Sample 2). (B) Spectrum of Sample 1 and 2. Values are mean ( $n = 5$ ) of peak area ratio (mass percentage). Wool contained in cloth materials results in detection of sulfur even in control area without any solid accumulation .



**Fig. 10.** Effect of culture medium and fertilizer on efflorescence. A, standard mixed red cray soil (red cray soil : leaf mold : peat moss=5 : 3 : 2) without fertilizer; B, standard mixed red cray soil (red cray soil : leaf mold : peat moss=5 : 3 : 2) with fertilizer; C, leaf mold ; D, red cray soil; E, peat moss. Enclosed areas shows efflorescence sites. Values (%) indicate rate of occupancy areas on cloth container.



**Fig. 11.** Effect of water sheets on water content of cloth container set in hanging frame (shown in Fig. 2). Difference between means of 2 replications is too small to be shown. The weight of 0 hour is set to 100%.



**Fig. 12.** Display examples using hanging frame for wall greening. A, zigzag wall decoration; B, use in toilet; C, combination with craftwork. Values represent percentage of replies favoring the example.

**Table 1.** Questionnaire survey of products developed for interior wall greening (n = 28).

**Question 1.** Would you like purchase it?

Purchase intention	Very likely	Somewhat likely	Neutral	Very unlikely
Percentage (%)	14.3	57.1	28.6	0.0

**Question 2.** How much would you pay for?

Desired buying price <sup>a</sup> (yen)	0~ 249	250~ 499	500~ 749	750~ 999	≥1,000
Percentage (%)	3.6	35.7	25.0	7.1	28.6

a) Prices were answered by free description, and changed every 250 yen. Average value was 795 yen. The highest price was 5,000 yen.

**Question 3.** Which of the following suggestions do you have for improvement ?

Points for improvement	Increase of flower species	Use of herb plants	Prolonged duration of flowering	Suggestion of various mode of use	Low price	Addition of instruction manual
Percentage (%)	60.7	46.4	32.1	32.1	25.0	25.0



### 第3章 花壇用花きの室内利用を目指した焼却可能な有機質培地の利用

#### 1. 緒言

総合緒言でも述べたとおり、花きの室内利用においては、焼却処理できる培地が求められる。室内を汚さず、焼却可能な培地として、ココナッツの果実繊維（コイア）やピートモス、針葉樹の樹皮などの有機質資材が有望である。これらの資材は、トマトなどでは土壌伝染病害や硝酸態窒素汚染対策として（Ghehsareh ら、2011）、ポトスでは製品の均一性や空気層の増大を目的に（Khayyat ら、2007）利用されている。有機質資材の使用は収量増大にも寄与し、イチゴではコイアとピートモスの混合培地で収量が増加することが報告されている（Tehranifar ら、2007）。このように、様々な植物において有機質資材を活用した栽培技術が報告されているが、花壇用花きについてはマリーゴールド、ジニア、ビンカ、セロシアの4種（Awang・Ismail、1977）、ペンタス（Meerow、1994）、クリサンセマム（Beckmann-Cavalcante ら、2009）などいくつかの報告例にとどまり、さらに布素材と組み合わせた研究例はない。そこで、コイアと無調整ピートモスの2種類の有機質資材を使用し、その比率がマリーゴールドとダイアンサスの生育に及ぼす影響を明らかにし、慣行で用いられている赤土主体の用土の代替品として機能しうるかを検証した。さらに、花壇用花きの室内利用を目指した商品を開発するためには、軽量で消費者が持ち運びやすく、かつ生産コストを抑えることが望ましく、そのためには培地量はなるべく少なくする必要がある。そこで、布素材を栽培容器として使用した場合に、十分な品質を得るための最適な培地量を検討した。

#### 2. 材料および方法

実験1. 栽培容器と培地の種類の違いがマリーゴールドとダイアンサスの生育・開花に及ぼす影響

栽培容器は第2章の実験1に準じ、焼却可能な有機質の培地として、コイアと無調整ピートモスを用いた。コイア、ピートモス、ならびに両者を容積比で等量混合した区を、それぞれコイア区、

ピートモス区、混合区とした。標準培地として、赤土：無調整ピートモス：腐葉土＝5：3：2 で配合したものを使用し、培地量はいずれも 200 mL とした。基肥として、培土 100 L 当たりエコロング 413-100 を 450 g (ジェイカムアグリ (株))、マグアンプK中粒を 300 g ((株) ハイポネックスジャパン)、17.5 粒状過磷酸石灰 (コープケミカル (株)) を 375 g 混合した (N：81 g、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>：237 g、K<sub>2</sub>O：104 g、MgO：45 g)。

マリーゴールド (*Tagetes patula*) ‘サファリ イエロー’ ((株) サカタのタネ) を 2014 年 3 月 10 日に播種し、3 月 26 日、本葉 2 枚展開時に鉢上げした。また、ダイアンサス (*Dianthus spp.*) ‘アイディアルセレクト バイオレット’ ((株) エム・アンド・ビー・フローラ) を 2014 年 4 月 16 日に播種し、5 月 2 日、本葉 2～3 枚展開時に鉢上げした。栽培条件は自然光、換気温度 25℃、暖房温度 13℃ とした。調査株数はいずれの試験区も 10 株とし、各株について 1 番花が開花した時点で生育状況を調査した。葉色は最大葉に対して葉緑素計 (SPAD-502PLUS、コニカミノルタ (株)) を用い SPAD 値を 3 回測定し、平均値を求めた。統計処理については、分散分析には JMP ver.11 (SAS Institute Japan (株)) を、Tukey の多重検定には、MEPHAS (<http://www.gein-info.osaka-u.ac.jp/MEPHAS/>) を用いて行った (以下の実験も同じ)。

物理性の測定については、用土を鉢に詰め、適宜灌水を行いながら 1 か月程度放置し、最終灌水日より 1 週間後に採土管で培地を採取して行った。三相分布を実容積測定法で、pF1.5～2.7 の有効水分を土柱法と加圧板法を組み合わせた方法で、飽和透水係数を変水位法で測定した。化学性については、風乾後に全炭素、全窒素を CN コーダー (MT-500、ヤナコテクニカルサイエンス (株)) で測定し、pH と EC 伝導度は培地：純水＝1：20 で 1 時間振とう後、pH メーター (東亜ディーケーケー (株)) および EC メーター (東亜ディーケーケー (株)) で測定した。また可給態リン酸含量はトルオーグリン酸抽出液を比色法 (UV-1100、(株) 島津製作所) で、陽イオン交換容量 (CEC) を振とう法で、交換性石灰、交換性苦土、交換性カリ、交換性ナトリウムを原子吸光法 (Z-4000、(株) 日立ハイテクサイエンス) で測定した。

## 実験 2. 栽培容器と培地量の違いがマリーゴールドとダイアンサスの生育・開花に及ぼす影響

栽培用培地として、コイアと無調整ピートモスを等容積混合したものを用いた。栽培容器は実験 1 と同様のポリポットと布容器とし、培地量について、100 mL (7 cm 四方)、200 mL (10 cm 四方)、300 mL (12.5 cm 四方) の 3 段階を設定した。マリーゴールド‘サファリ イエロー’を 2013 年 6 月 17 日に播種し、6 月 26 日、本葉 2 枚展開時に鉢上げした。またダイアンサス‘アイディアルセレクト バイオレット’を 2013 年 3 月 22 日に播種し、4 月 17 日、本葉 2~3 枚展開時に鉢上げした。栽培条件、試験数、調査方法は実験 1 に準じた。

## 3. 結果

### 実験 1. 栽培容器と培地の種類の違いがマリーゴールドとダイアンサスの生育・開花に及ぼす影響

マリーゴールドをピートモス単体で栽培した場合に、生育の停滞がみられ、布容器で 10 株中 5 株、ポリポットで 7 株が枯死し、供試株すべてを調査することができなかった (Table 2)。分散分析の結果、栽培容器の有意な影響は草丈と最大葉長にのみ認められ、いずれもポリポットと比べ布容器で小さくなった。一方、培地の種類の影響は株張、草丈、最大側枝長、最大葉長、葉色、花径で認められた。さらに詳細にみると、株張、草丈、最大側枝長、最大葉長、花径は、標準培地とコイア単体の試験区間で違いはなかったが、ピートモス単体では 10%以上小さくなる傾向にあった (Fig. 13、Table 2)。葉数と到花日数は試験区間で有意な違いがなかった。栽培容器の影響を同じ培地で比較した場合、標準区における草丈とピートモス区における最大葉長がポリポットと比べ布容器で小さくなった。

ダイアンサスにおいてもピートモス区で極端に生育が劣り、布容器で 10 株中 6 株、ポリポットで 2 株枯死し、供試株すべてを調査することができなかった (Table 3)。また、分散分析の結果、培地の種類の影響が顕著に認められ、株張、草丈、最大葉長、最大葉幅、葉色、花径はいずれもピートモスの割合が高いほど低下した。栽培容器の影響は小さく、株張、最大葉長、最大葉幅では標準、コイア、混合の試験区間で大きな違いが認められなかった。ただしピートモスの割合が高いと葉色が薄

く、花径が小さくなる傾向にあった。分散分析の結果、栽培容器の影響は、草丈、葉色、花径、到花日数に現れ、ポリポットと比べ布容器で、草丈が低く、葉色が濃く、花が小さく、開花が遅くなった。

Table 4 と Table 5 に供試した培地の物理性および化学性に関する指標を示した。物理性のうち、風乾土容積重や仮比重は標準培地と比べ有機質資材で小さく、軽量であった (Table 4)。また、有機質資材は標準培地と比べ、固相率が低く、気相率が高かった。有効水分は、ピートモス比率が高いほど大きく、保水力が大きかった。逆に、ピートモス比率が高いほど、透水性を示す飽和透水係数が小さかった。化学性については、C-N 率が有機質資材で高く、ピートモス比率が高いほど pH は低かった (Table 5)。EC は標準培地では  $0.36 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$  であったが、有機質資材は  $1.2 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$  以上と高かった。可給態リン酸は標準培地と比べ有機質資材で多く、交換性石灰などの各塩基類については、有機資材の中でピートモスに対しコイアの割合が高いほど多く、標準培地と比べても高い値を示した。

## 実験 2. 栽培容器と培地量の違いがマリーゴールドとダイアンサスの生育・開花に及ぼす影響

マリーゴールドでは、栽培容器の種類に関わらず、培地量が多くなるにつれて、株張、草丈、最大側枝長、最大葉長が大きくなる傾向にあり、100 mL と比べ 300 mL では 1.5 倍程度増加した (Table 6)。培地量が 100 mL と 200 mL との生育差は特に大きく、200 mL と 300 mL との差はわずかであった。葉色は、ポリポットで培地量による差がなかったが、布容器では培地量が多くなるほど濃くなる傾向にあった。葉数と花径に対しては、栽培容器の種類や培地量の影響がなかった。到花日数は、100 mL 区において、布容器と比べポリポットで有意に早くなったが、その他の区では違いがなかった。

ダイアンサスでは、培地量が多いほど、株張が大きく葉色が濃くなったが、草丈への影響はほとんど認められなかった (Fig. 14, Table 7)。マリーゴールドと同様に、培地量が 100 mL と 200 mL との生育差は大きく、200 mL と 300 mL との違いはほとんどなかった。また、培地量が同じ場合でも布容器よりもポリポットで、最大葉幅が広く、葉色が薄く、開花が早まった。主茎節数および花径、最大葉長に対しては、栽培容器の種類や培地量の影響がなかった。地上部の乾物重は、培地量が多くなるほど大きかった (Fig. 15)。地下部の乾物重は、ポリポットよりも布容器で多くなる傾向にあった。

#### 4. 考察

実験 1 の結果、ピートモス単体では生育が極端に劣り、花径が小さくなったが、コイア単体および、コイアとピートモスを等容積混合した培地は、標準培地と同等の生育を示したことから、これら培地は標準培地の代替品となり得ることが明らかとなった (Fig. 13、Table 2、Table 3)。コイアが園芸用資材として活用できることはペンタスやサンタンカ (Merrow、1994) ですでに報告されており、ピートモスよりもコイア主体の培地で良好な生育を示した。しかし一方で、コイアは高濃度の塩化物とナトリウムが悪影響を与える可能性 (Abad ら、2002) や、フェノール化合物などがレタスの生育阻害を引き起こす例 (Ma・Nichols、2004) も報告されている。Handreck (1993) の報告同様、本実験の分析結果においても、コイアは C-N 率が高く、交換性カリが多かった (Table 5)。しかし、本試験においてはコイアによる生育阻害は認められなかった。これらの結果の相違には、使用したコイアの製造地やロットなどが関係している可能性は否定できず、今後もさらなる調査が必要である。一方、ピートモス単体の生育不良は、ピートモスの持つ高い保水力の反面にある水の移動性の悪さ、低い pH などが原因として考えられた。プリムラにおいても、ピートモスの比率が高い培養土で生育が悪くなる現象が報告されている (石川・山中、2008)。以上から、ピートモスを使用する場合は、単体ではなく、他の資材と混合して使用することが望ましい。なお、本研究では無調整ピートモスを使用したため、pH が低かった。調整ピートモスの使用や、消石灰の添加により、ピートモス主体の培地が使用できる可能性は否定できない。

実験 2 の結果、生育に対して栽培容器の種類よりも培地量の方が与える影響が大きく、供試したマリーゴールドとダイアンサスともに、培地量が 100 mL で生育阻害が認められた (Fig. 14、Table 6、Table 7)。培地量が少ないことによる生育抑制の原因としては、根量の増加に伴い根の伸長する空間が減少して起こる酸素の競合 (Peterson ら、1991)、水分ストレス (Aloni ら、1991)、光合成速度の低下 (NeSmith ら、1992) など複数の要因が報告されている。したがって、商品化の観点からは培地量を少なくすることが望ましいものの、単一の要因の改善で培地量の不足による生育阻害を改善する

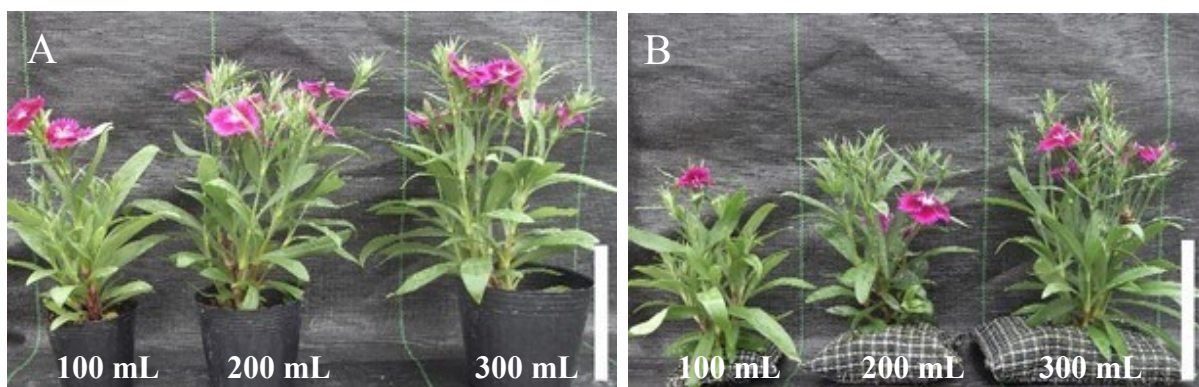
ことは困難と考えられる。一方、マリーゴールド、ダイアンサスともに培地量 200 mL と 300 mL での生育差は小さかった。植物体がコンパクトな花壇用花きでは、培地量が 200 mL 以上あれば、生育に十分な根の伸長のための空間を確保でき、生育阻害が生じにくいと考えられた。

また、栽培容器の種類の違いの影響は小さいものの、布容器を用いた場合、マリーゴールドでは草丈が低くなり、ダイアンサスでは葉幅が狭くなり、葉色が濃く、わずかな開花遅延が認められた。一方、ダイアンサスでは布容器でポリポットと比べ地下部の乾物重が大きくなった。用いた布素材は、第2章で述べたように、栽培容器全体から水分を吸水することが可能だが、表面からの蒸発により水分が奪われ、培地温度が低下し乾燥しやすいという特徴がある。このような布容器の特性がマリーゴールドの草丈短縮やダイアンサスの地下部乾物重の増加 (Fig. 15、Table 6) を引き起こした可能性がある。また、布容器は袋状に整形しており、平板状で土層が薄く、ポリポットは、垂直方向に長く土層が厚い構造となっている。ダイアンサスでは主に側根が発達するのに比較して、マリーゴールドでは主根の発達が著しい性質がある。布容器の扁平な形状はマリーゴールドの根系の発達により大きな影響を及ぼし、結果として草丈の低下をより大きくした可能性がある。

以上のように、布容器利用による生育や開花への影響は供試したいずれの品目でも認められるが、その影響は実用上問題としない範囲内であり、廃棄制服の布素材の栽培容器への転用は可能であると考えられた。また、布素材を栽培容器として室内利用する場合に適した培地の種類としてコイア単体、あるいはコイアとピートモスの混合培地が有用であることや培地の適正量が 200 mL あるいはそれ以上であることを本章で明らかにした。布素材の栽培容器は、培地温度が低下し、乾燥しやすい特性を有するため、利用にあたってはこの特性に留意する必要がある。

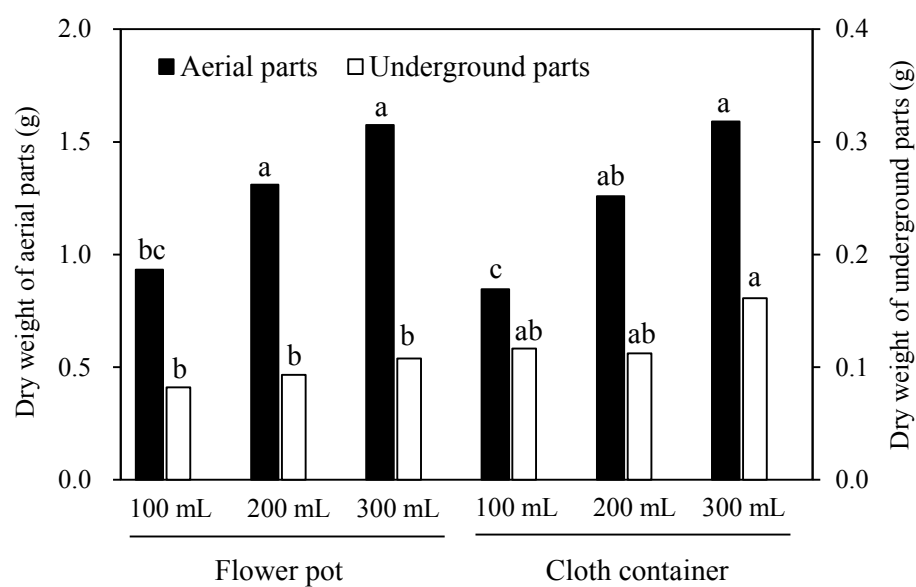


**Fig. 13.** Effect of culture medium on growth and flowering of *Tagetes patula* planted in cloth container. A, single peat moss; B, mixture of coconut coir and peat moss (1 : 1 volume) ; C, single coconut coir; D, standard mixed red clay soil (red clay soil : leaf mold : peat moss= 5 : 3 : 2). Scale bar represents 10 cm.



**Fig. 14.** Effects of volume of culture medium and container type on growth and flowering of *Dianthus spp.* A, flower pot; B, cloth container. Values on the photograph indicate volume of culture medium. Scale bar represents 10 cm.





**Fig. 15.** Effect of cloth container and volume of culture medium on dry weight of aerial and underground parts in *Dianthus spp.* Same letters in each section indicate nonsignificant difference at  $P < 0.05$  by using the Tukey-Kramer multiple range test ( $n = 9-10$ ).

**Table 2.** Effects of container and culture medium on growth and flowering of *Tagetes patula*.

Experimental plot		Number of plants <sup>y</sup>	Plant width (cm)	Plant height (cm)	Length of the longest lateral stem (cm)	Leaf number	Length of the largest leaf (cm)	Leaf colour (SPAD)	Flower diameter (cm)	Days to flowering (days)
Container	Culture medium <sup>z</sup>									
Plastic	Control	10	21.4 a <sup>x</sup>	14.4 a	8.1 a	6.0 a	9.2 a	50.3 a	5.4 a	48.1 a
	Coir	10	20.4 ab	13.7 ab	7.7 ab	6.2 a	8.7 a	44.7 bc	5.7 a	48.9 a
	Mixture	10	18.5 bc	12.8 bc	5.6 bc	6.2 a	7.9 b	45.3 abc	5.1 a	48.3 a
	Peat moss	3	15.3 c	12.6 bcd	3.2 c	6.0 a	7.3 b	47.1 abc	4.9 b	49.3 a
Cloth	Control	10	20.0 ab	13.0 bc	6.1 abc	6.0 a	8.8 a	46.9 abc	5.7 a	48.5 a
	Coir	10	19.9 ab	12.7 bc	7.1 ab	6.3 a	8.7 a	48.9 ab	5.6 a	48.8 a
	Mixture	8	18.4 bc	11.9 cd	6.4 abc	6.1 a	7.3 b	42.9 c	5.6 a	48.9 a
	Peat moss	5	14.5 c	10.9 d	3.6 c	6.0 a	5.6 c	43.2 bc	4.6 b	49.2 a
ANOVA <sup>w</sup>	Container		n.s.	**	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.
	Culture medium		**	**	**	n.s.	**	**	**	*
	Interaction effect		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	**	n.s.	n.s.

<sup>z</sup>Control, a standard mixed red clay soil; Mixture, a mixture of coconut coir and peat moss (1 : 1 volume) .

<sup>y</sup>Number of plants shows the subtracted numbers of withering plants from 10 plants tested.

<sup>x</sup>Same letters in each section indicate nonsignificant difference at  $P < 0.05$  by using the Tukey-Kramer multiple range test ( $n = 3-10$ ).

<sup>w</sup>NS, \*, and \*\* indicate nonsignificant and significant differences at  $P = 0.05$  and  $P = 0.01$ , respectively.

**Table 3.** Effects of container and culture medium on growth and flowering of *Dianthus* spp.

Experimental plot		Number of plants <sup>y</sup>	Plant width (cm)	Plant height (cm)	Length of the largest leaf (cm)	Width of the largest leaf (cm)	Leaf colour (SPAD)	Flower diameter (cm)	Days to flowering (days)
Container	Culture medium <sup>z</sup>								
Plastic	Control	10	16.2 a <sup>x</sup>	14.7 a	9.3 a	1.8 a	58.6 ab	3.7 a	50.5 ab
	Coir	9	15.1 ab	11.1 b	8.4 a	1.7 ab	55.7 ab	3.7 a	49.0 b
	Mixture	10	15.8 a	10.8 bc	8.6 a	1.7 ab	48.0 c	3.6 ab	49.4 b
	Peat moss	8	11.5 c	8.3 cd	6.5 b	1.3 b	46.1 c	3.3 bc	49.1 b
Cloth	Control	8	16.4 a	11.9 b	9.6 a	1.7 ab	60.1 a	3.7 a	51.4 ab
	Coir	7	15.9 a	10.7 bc	8.5 a	1.6 a	59.6 ab	3.4 abc	51.4 ab
	Mixture	6	16.9 a	11.1 bc	8.5 a	1.7 ab	54.7 ab	3.5 abc	52.5 a
	Peat moss	4	12.7 bc	6.3 d	6.7 b	1.5 ab	52.1 b	3.2 c	53.5 a
ANOVA <sup>w</sup>	Container		NS	**	NS	NS	**	*	**
	Culture medium		**	**	**	**	**	**	NS
	Interaction effect		NS	*	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup>Control, a standard mixed red clay soil; Mixture, a mixture of coconut coir and peat moss (1 : 1 volume) .

<sup>y</sup>Number of plants shows the subtracted numbers of withering plants from 10 plants tested.

<sup>x</sup>Same letters in each section indicate nonsignificant difference at  $P < 0.05$  by using the Tukey-Kramer multiple range test ( $n = 3-10$ ).

<sup>w</sup>NS, \*, and \*\* indicate nonsignificant and significant differences at  $P = 0.05$  and  $P = 0.01$ , respectively.

**Table 4.** Physical properties of culture media used in experiment 1.

Culture medium <sup>z</sup>	Bulk density of air-dried soil (g•L <sup>-1</sup> )	Apparent specific gravity	Three-phase distribution (%)			Available water <sup>y</sup> (%)	Saturated hydraulic conductivity (m • s <sup>-1</sup> )
			Solid phase	Liquid phase	Gas phase		
Control	56.8	0.50	19.3	67.1	13.6	18.1	$5.75 \times 10^{-5}$
Coir	16.5	0.10	7.0	70.9	22.1	16.1	$3.23 \times 10^{-4}$
Mixture	14.2	0.11	6.9	67.0	26.1	30.3	$2.05 \times 10^{-4}$
Peat moss	13.9	0.12	7.0	65.0	28.0	34.8	$1.21 \times 10^{-4}$

<sup>z</sup>Control, a standard mixed red clay soil; Mixture, a mixture of coconut coir and peat moss (1 : 1 volume) .

<sup>y</sup>Difference between pF1.5 and pF2.7.

**Table 5.** Chemical properties of culture media used in experiment 1.

Culture medium <sup>z</sup>	Carbon-nitrogen ratio	pH <sup>y</sup> (H <sub>2</sub> O)	EC <sup>x</sup> (dS · m <sup>-1</sup> )	Available phosphorus (P) (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg · kg <sup>-1</sup> )	Exchangeable calcium (Ca) (cmol <sub>c</sub> · kg <sup>-1</sup> )	Exchangeable magnesium (Mg) (cmol <sub>c</sub> · kg <sup>-1</sup> )	Exchangeable potassium (K) (cmol <sub>c</sub> · kg <sup>-1</sup> )	Exchangeable sodium (Na) (cmol <sub>c</sub> · kg <sup>-1</sup> )	CEC (cmol <sub>c</sub> · kg <sup>-1</sup> )
Control	17.00	6.33	0.36	2.78	16.41	3.80	1.81	0.30	70.23
Coir	37.90	5.04	1.75	13.08	19.09	16.28	27.45	10.85	232.09
Mixture	50.90	3.97	1.72	9.14	17.90	15.01	17.42	7.07	269.37
Peat moss	47.90	3.42	1.29	13.98	17.71	13.07	4.34	2.01	302.17

<sup>z</sup>Control, a standard mixed red clay soil; Mixture, a mixture of coconut coir and peat moss (1 : 1 volume) .

<sup>x, y</sup>pH and EC are measured under mixture of culture and pure water (1 : 20 volume) .

**Table 6.** Effects of container and volume of culture medium on growth and flowering of *Tagetes paluta*.

Experimental plot		Plant width (cm)	Plant height (cm)	Length of the longest lateral stem (cm)	Number of leaf	Length of the largest leaf (cm)	Leaf colour (SPAD)	Flower diameter (cm)	Days to flowering (days)
Container	Volume of culture medium <sup>z</sup>								
Plastic	100 mL	18.0 c <sup>y</sup>	20.3 c	8.7 bc	11.0 a	7.3 c	48.9 a	4.3 a	43.8 b
	200 mL	23.1 ab	23.3 ab	9.1 ac	11.6 a	8.9 b	47.7 ab	4.9 a	50.1 ab
	300 mL	25.8 a	24.3 a	11.0 a	11.7 a	10.3 a	48.1 ab	5.3 a	50.1 ab
Cloth	100 mL	14.7 c	20.6 c	7.5 c	11.4 a	7.0 c	43.3 b	4.9 a	51.2 a
	200 mL	22.6 b	21.3 bc	9.7 ab	11.6 a	8.5 b	45.2 ab	5.0 a	47.7 ab
	300 mL	25.3 ab	21.9 bc	10.7 ab	11.6 a	9.3 b	49.5 a	4.8 a	47.3 ab
ANOVA <sup>x</sup>	Container	*	**	NS	NS	**	*	NS	NS
	Volume of culture medium	**	**	**	NS	**	*	NS	NS
	Interaction effect	NS	*	NS	NS	NS	**	*	**

<sup>z</sup>Mixture of coconut coir and peat moss (1 : 1 volume) .

<sup>y</sup>Same letters in each section indicate nonsignificant difference at  $P < 0.05$  by using the Tukey-Kramer multiple range test (n = 9-10).

<sup>x</sup>NS, \*, and \*\* indicate nonsignificant and significant differences at  $P = 0.05$  and  $P = 0.01$ , respectively.

**Table 7.** Effects of container and volume of culture medium on growth and flowering of *Dianthus* spp.

Experimental plot		Plant width (cm)	Plant height (cm)	Number of internode	Length of the largest leaf (cm)	Width of the largest leaf (cm)	Leaf colour (SPAD)	Flower diameter (cm)	Days to flowering (days)
Container	Volume of culture medium <sup>z</sup>								
Plastic	100 mL	14.6 b <sup>z</sup>	15.1 ab	6.6 a	8.7 a	1.8 ac	44.3 c	3.8 a	64.5 ab
	200 mL	16.4 ab	15.7 a	6.9 a	8.9 a	1.9 a	49.9 b	3.7 a	63.1 b
	300 mL	16.6 ab	15.1 ab	6.7 a	8.6 a	1.8 ac	49.5 b	3.8 a	62.5 b
Cloth	100 mL	15.1 b	13.5 b	7.0 a	8.1 a	1.4 b	54.2 ab	3.4 a	66.8 a
	200 mL	16.4 ab	15.2 ab	6.7 a	7.7 a	1.5 c	56.9 a	3.7 a	66.7 a
	300 mL	18.2 a	15.4 ab	6.9 a	8.7 a	1.7 abc	58.4 a	3.7 a	65.7 ab
ANOVA <sup>x</sup>	Container	NS	NS	NS	NS	**	**	NS	**
	Volume of culture medium	**	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS
	Interaction effect	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup>Mixture of coconut coir and peat moss (1 : 1 volume) .

<sup>y</sup>Same letters in each section indicate nonsignificant difference at  $P < 0.05$  by using the Tukey-Kramer multiple range test ( $n = 9-10$ ).

<sup>x</sup>NS, \*, and \*\* indicate nonsignificant and significant differences at  $P = 0.05$  and  $P = 0.01$ , respectively.

## 第4章 花壇用花きの室内観賞における光強度の及ぼす影響

### 1. 緒言

花壇用花きの室内利用の栽培・利用システムの構築において、室内環境下での花壇用花きの品質保持技術の開発が不可欠である。一方で、この栽培・利用システムの観賞期間における品質保持の最も大きな制限要因となっているのは、弱光であると考えられる。しかしながら、花壇用花きについては、生産段階における屋外での適正な光強度に関する報告例はあるが（Niu ら、2000 ; Cerny ら、2003 ; Moccaldi・Runkle、2007）、室内を想定した弱光反応に関しての研究例はない。一方、シクラメン（須田ら、2001 ; 駒形ら、2002）、デルフィニウム（Tanase ら、2005）、カーネーション（駒形ら、2005）の鉢花では、弱光条件（それぞれ  $10 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  PPFD、 $7 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  PPFD、 $9.8 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  PPFD）への暴露は開花数の減少や花色の低下を伴い、光強度が強いほど品質がより長期間保持されることが明らかにされている。観葉植物のパキラにおいても、低日照条件下（ $18 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  PPFD）で節間の徒長や葉の脱離が生じる（Li ら、2009）。ベンジャミンにおいても、低日照条件下（ $16 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  PPFD）で節間が徒長し葉が薄くなる（Chen ら、2005）。総合緒言で述べたように、葉の内部では、構造的変化が生じ、葉色の退色や徒長などの特徴的な形態的变化としてあらわれる。そこで、本研究では、弱光下での開花性や生育特性を調査し、花壇用花きの種類による室内の光環境への適応性の違いを明らかにする。一方、室内ではその設置場所で光強度が異なることが想定される。例えば、照度基準（JISハンドブック、2016）は事務室で 750 lx、会議室で 500 lx である。住宅の居間で手芸を行う場合の照度は 1,000 lx で、読書では 500 lx と定められている。このような設置場所に応じて植物を室内においた場合、生育に異なった反応が現れることが予想される。鉢花カーネーションでは、光強度が低いほど、黄化葉や枯死葉が多く発生し品質が低下することが報告されている（駒形ら、2005）。そこで本研究では、弱光への適応性が高いことが明らかとなった品目について、光強度の違いが観賞時の生育や開花に及ぼす影響について検証し、室内における設置場所等の指針について考察する。また、LED 等



人工光源の補光による観賞性の向上ならびに観賞期間の延長の可能性について明らかにする。

## 2. 材料および方法

### 実験 1. 花壇用花きの室内適応性評価

花壇用花きとして、ビンカ (*Cataranthus roseus*) ‘F<sub>1</sub> タイタン ローズ’ ((株) エム・アンド・ビー・フローラ)」、ヒマワリ (*Helianthus annuus*) ‘小夏’ ((株) サカタのタネ)、インパチェンス (*Impatiens walleriana*) ‘スーパーエルフイン XP ローズ’ ((株) サカタのタネ)、ペチュニア (*Petunia hybrida*) ‘F<sub>1</sub> ロンド ローズ’ (タキイ種苗 (株))、サルビア・スプレンドENS (*Salvia splendens*) ‘レッド ホット サリー’ ((株) エム・アンド・ビー・フローラ)、マリーゴールド (*Tagetes patula*) ‘サファリ イエロー’ ((株) サカタのタネ)、トレニア (*Torenia fournieri*) ‘カウアイ ローズ’ ((株) エム・アンド・ビー・フローラ)、バーベナ (*Verbena hybrida*) ‘オブセッション ホワイト’ (タキイ種苗 (株))、ジニア (*Zinnia elegans* × *Z. angustifolia*) ‘プロフュージョン イエロー’ ((株) サカタのタネ) の 9 品目を試験に供した (Table 8)。栽培は、第 2 章 Fig. 1 に示したように、岡澤ら (2016) が考案した布製の栽培容器を用いた栽培方法に従い行った。すなわち、栽培容器は廃棄制服由来の布素材 ((株) トンボ) を 10cm 四方となるように袋状に縫製加工したものを利用し、培地は、コイアと無調整ピートモスを等容積混合したものをを用いた。培地量はいずれも 200 mL とした。肥料は培土 100 L あたり、基肥として N : 81 g、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : 237 g、K<sub>2</sub>O : 81 g を施用した。いずれの品目も本葉 2~3 枚展開時に栽培容器へ鉢上げした。栽培条件は自然光、換気温度 25℃、暖房温度 13℃とした。第 1 花が開花した苗を、室内温度を模した 20℃、Hf 蛍光灯 (FHF32EX-N-HN)、ナショナル製) 1,000 lx (JIS Z 9110 照度基準において事務室の明るさ、16.8 μmolm<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> PPFD、5:00~17:00 の 12 時間日長) の人工気象室で弱光処理 (以下、この処理区を「室内」と呼ぶ) した。一方、温室で栽培を続けた区 (以下「温室」) を対照区とした。処理期間は 4 週間とし、処理開始から 1 週間おきに株張や開花数などを調査した。ただし、開花数がゼロとなった時点で調査を打ち切った。葉色は最大葉に対して葉緑素計 (SPAD-502PLUS、コニ

カミノルタ（株））を用い SPAD 値を 3 回測定し、平均値を求めた。調査株数はいずれの試験区も 10 株とした。

## 実験 2. 観賞時の光強度の違いが生育と開花に与える影響

ジニア ‘プロフュージョン イエロー’（2015 年 6 月 29 日播種、7 月 13 日鉢上）、トレニア ‘カウアイ ローズ’（2015 年 6 月 29 日播種、7 月 22 日鉢上、9 月 10 日摘心）、ビンカ ‘F<sub>1</sub> タイタン ローズ’（2015 年 6 月 29 日播種、7 月 13 日鉢上）を試験に供し、実験 1 に準じ栽培を行った。播種は市販播種用土（TM-2、タキイ種苗（株））を充填した 288 穴セルトレイに行った。開花が始まった株に対して、温度 20℃、照度 500 lx（8.4  $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  PPFD）、1,000 lx（16.8  $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  PPFD）、2,500 lx（42.0  $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  PPFD）の処理を開始した。処理開始日は、ジニアとビンカでは 2015 年 8 月 19 日、トレニアでは 10 月 15 日であった。処理開始から 6 週目まで、1 週間おきに株張や開花数などを調査した。

## 実験 3. 観賞時の光質の違いが生育と開花に与える影響

日中（5:00-17:00）は、実験 1 に準じ、1,000 lx 蛍光灯下の同一条件でジニア ‘プロフュージョン イエロー’を弱光処理し、夜間（17:00-5:00）は、3 種類の光質の異なる電球下（蛍光ランプ（ネオボール Z、東芝ライテック（株））、白色 LED（（株）キーストーンテクノロジー）、紫色 LED（（株）キーストーンテクノロジー）で処理した。光量子束密度は植物上部が 20~30  $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  となるように調整した。対照区として、無照明の区を設けた。

## 3. 結果

### 実験 1. 花壇用花きの室内適応性評価

温室では、調査したすべての種で正常な開花を示した。一方、室内では種によって開花数の減

少程度が異なった。ヒマワリでは、室内、温室ともに開花期間が2週間以内と短く、花の大きさも処理区間で違いがなかった (Fig. 16)。バーベナ、ペチュニア、サルビアでは、温室に比較して、開花期間が室内で3週間未満と短かった。バーベナでは、花の大きさに違いが生じなかったが、開花期間が2週間と特に短かった。ペチュニアでは2週間目で温室と比べ、花径が3割程度小さくなった。

一方、インパチェンス、マリーゴールド、ビンカ、ジニア、トレニアでは、室内での開花期間が3週間以上であった。花径はビンカやジニアでは1週間目の早い段階から、インパチェンス、マリーゴールド、トレニアでは処理2週間目から、温室と比較し小さくなり、処理3週間目のビンカで30%以上の差となった。花の小型化の程度は花の種類により異なり、トレニアでは、温室と比較した花径の低下率が3週間目でも約10%と比較的小さかった。マリーゴールドでは花径に違いが生じなかった。

弱光処理が生育へ与える影響を温室との生育差で判断した (Fig. 17、Table 9)。その結果、株張は弱光の影響の程度が植物の種類により異なり、ペチュニア、バーベナ、ジニアでは温室の方が10～20%程度有意に大きかった。インパチェンスやマリーゴールドのように弱光処理の影響がでないものもあった。一方、草丈や最大側枝長はほとんどの植物で室内と比べ温室で大きくなった。ヒマワリ、バーベナ、ジニアを除いて、SPAD 値は温室と比べ室内で5以上高くなり、葉色が濃くなる傾向であった。最大葉長はインパチェンスでは室内で10%程度長かったが、ほとんどの植物では有意差がみられなかった。このように温室と比較して室内では生育が全般的に悪くなり、葉色が濃くなる傾向にあった。

一方、弱光に移してからの変化という別の座標軸から生育に対する弱光の影響をみると、ヘリアンサスとバーベナなどでは株高の変化は小さかったが、インパチェンスやトレニアでは弱光条件においても株高が有意に大きくなった (Table 10)。葉色はインパチェンス、マリーゴールド、バーベナでは、弱光処理で薄くなったが、サルビア、トレニアなどでは変化がなく、ヘリアンサスでは葉が濃くなった。

## 実験 2. 観賞時の光強度の違いが生育と開花に与える影響

光強度の違いが開花に与える影響は植物種により大きく異なった (Fig. 18)。ジニアでは 1 週間目から  $8.4 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD で開花数が少なくなり、3 週間目にはゼロとなった。 $16.8 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD では 6 週目で開花数はほぼゼロに近づいたが、 $42.0 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD では処理開始から開花数は右肩上がりに増加し、処理 6 週間後でも開花数の低下がみられなかった。ビンカでは、光強度が大きいほど開花期間は長くなり、 $8.4 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD で 3 週間、 $16.8 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD で 4 週間、 $28.5 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD で 5 週間であった。トレニアでは 1 週間目までは光強度の影響を受けなかったが、2 週目から光強度が大きいほど開花数は増加した。 $16.8 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD と  $42.0 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD との差は他の品目よりも小さかった。 $8.4 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD でも 5 週間目まで開花数はゼロとならなかった。しかし、6 週間目には、すべての光条件下で開花数がゼロとなった。

### 実験 3. 観賞時の光質の違いが生育と開花に与える影響

実験 2 において、ジニアでは光強度の増加による生育促進が著しく補光効果が高いと予想されたため、ジニアについて補光効果を調査した。その結果、開花数は夜間の補光により促進し、その効果は蛍光灯が最も高かった。LED ランプでも十分開花促進効果があった。LED の種類の違いによる差はほとんどなかった (Fig. 19)。一方、蕾数は無照明区で最も多く、夜間照明処理を行った区で少なかった。

## 4. 考察

花壇用花きは通常、屋外での利用に向けて育種されており、室内での利用は想定していない。一方、鉢花のシクラメン (駒形ら、2002) や観葉植物のディフェンバキア (Conover・Poole、1981) では室内での観賞性に関して研究がなされており、それぞれ  $2,000 \text{ lx}$  ( $=33.6 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD)、 $12 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD が品質維持に必要な最低限の光強度であることが明らかにされている。そこで、本研究では、花壇苗の室内利用を目指し、室内でも観賞性を一定期間維持できる品目を明らかにしよう

とした。

切花での観賞期間に関するアンケート結果（MPS ジャパン、2008）で、1 週間観賞できればよいと回答した消費者が最も多いことから、これら切花との差別化を図るために、花壇苗の室内利用においては、観賞期間を切り花より長い 3 週間と定めた。

開花期間を指標に室内適応性を評価した場合、3 つのグループに分けることができた (Fig. 16)。一つ目は、開花期間が元々短く、弱光処理の影響が判然としないグループ、これにはヒマワリが含まれる。二つ目は、弱光処理区で開花期間が 3 週間未満と短く室内適応性が低いグループ、これには、ペチュニア、サルビア、バーベナが含まれる。三つめは弱光処理区で開花期間が 3 週間以上と長く、室内適応性が高いグループであり、これにはビンカ、インパチェンス、マリーゴールド、トレニア、ジニアが含まれる。これらの実験結果から、植物には品質を維持するための最小の光強度が存在し、それは種により大きく異なることが示唆された。光合成速度と呼吸速度が一致した光補償点を超えなければ生存することができない (Eugene ら、1975)。本実験においても、 $8.4 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD の弱光条件では植物種に関わらず、枯死する株の発生が高く、ビンカでは 4 週間目に 7 割もの株が枯死した (データなし)。

一方、室内で花壇用花きの観賞を可能にするためには、生存するだけの光量だけでなく、さらに開花し続けるためのエネルギーを得るための光量も必要となる。前述した開花期間が長かったグループ 3 に入るものでは、弱光下でもよく伸長し、開花期間が短かったものは株高の変化が小さい傾向にあった (Fig. 16、Table 10)。したがって、室内適応性が高い植物では光補償点が低く、同時に開花し続けるために必要な光量も低いと予想された。

Faust ら (2005) の報告によると、自然光下で様々な遮光資材を用いて光強度を変化させた場合の栽培結果から、インパチェンス、ベゴニアを低い積光量 (DLI) を必要とするグループに、ペチュニア、マリーゴールド、ジニア、ビンカを高い DLI を必要とするグループに分類している。本研究の結果では、ペチュニアは室内適応性が低く、逆にインパチェンスは、室内適応性が高く、この報告と一致した。しかし、マリーゴールド、ジニア、ビンカは、高い DLI が必要とされているにもかかわらず、

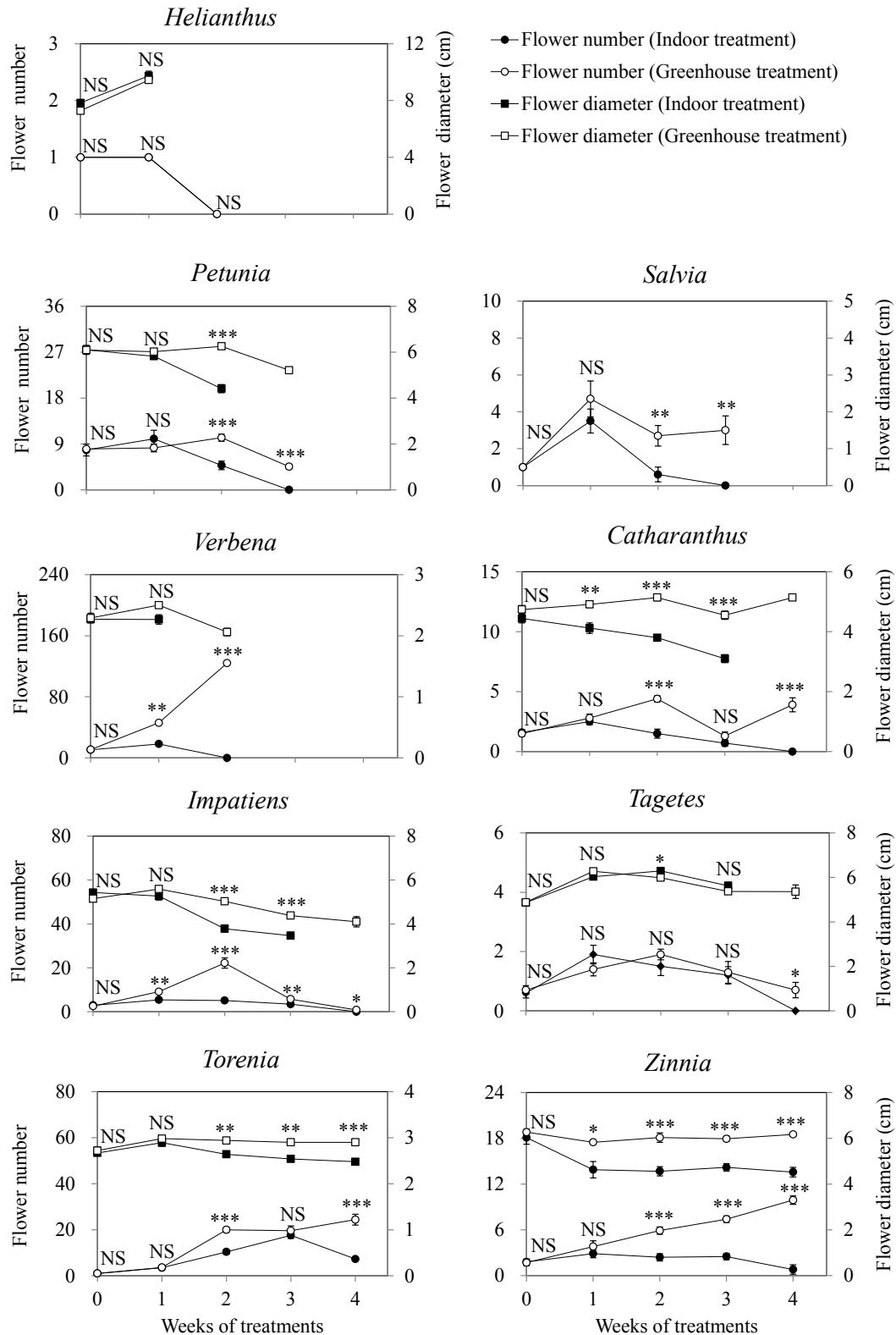
本研究では室内適応性が高いと判断された (Fig. 16)。このことは、同じ品目でも生育・開花に関して、自然光下での光強度の低下と、室内の弱光に対する反応とは必ずしも一致しないことを示している。

一方、弱光が花径に影響を及ぼすことは、鉢花カーネーション (駒形ら、2005) で報告されており、9.8 および 51.6  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD では花径に違いはなかったが、両者とも 274.2  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD と比べて花径は 10% 程度小さくなった。本研究においても弱光によって花径は小さくなったが、その程度は植物の種類により大きく異なり、ビンカでは 30% 以上小型化したが、トレニアでは 10% 以下と比較的小さく、マリーゴールドでは花径に違いが生じなかった (Fig. 16)。その原因は不明であるが、要因として、これらの品目で光補償点が低い可能性、あるいは、開花とその維持に必要な光合成産物の量が少ない可能性が考えられた。これらの要因に関しては、今後の研究課題である。

一方、室内と温室との生育差を見てみると、調査部位別に反応が異なることが明らかとなった。株張への影響は判然とせず品目により異なったが、株高と最大側枝長への影響は品目に関わらず同じ傾向を示し、室内で温室と比べ生育が極端に低下し (Table 9)、弱光によって光合成量が低下して生育遅延したと考えられた。一方、葉長は温室との差がない品目が多かったが、インパチェンスでは、室内で長くなった。Chen ら (2005) によると、ベンジャミンでは 16  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD で葉長の徒長が見られる。葉色はほとんどの品目で温室と比べ室内でより濃くなった。葉長や葉色にみられたこれらの一連の現象は、弱光に適応して光合成の効率を高めるための植物の反応と推察された (DI Benedetto、1992)。

実験 2 では、実験 1 で室内適応性が高いと判断されたビンカ、トレニア、ジニアの 3 種について、室内での設置場所等の指針を得るため、異なる光条件下での生育や開花への影響を調査した (Fig. 18)。その結果、ビンカとトレニアでは光強度が高くなるほど開花期間は延長し、より長く観賞できることが明らかとなった。また、8.4  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD において、ビンカ、ジニアでは 3 週間目には開花数がゼロとなった。トレニアでは、5 週間目まで開花数がゼロとならず、供試した品目の中では特に弱光への適応性が高かった。しかしながら、この条件では、観賞に耐える開花数の確保が困難であった。したがって、会議室 (8.4  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD) では花壇用花きを室内で観賞するには十分な光強

度に至らないことが示唆された。一方、ジニアは調査期間の 6 週間は、 $42.0 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD で開花数が増加し続けた。このことから、日の当たらない窓辺の光強度に相当する  $42.0 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD でジニアを観賞すると観賞目標期間である 3 週間を大幅に上回る長期の観賞が期待できた。これらの結果から、ジニアでは  $16.8 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD と  $42.0 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD の間に開花を維持するために必要な光強度の閾値が存在することが示唆された。このようにジニアでは光反応性が高かったことから、実験 3 ではジニアを対象に補光効果についても検討した。その結果、LED 等人工光源を用いて夜間補光することで観賞性が向上したことから、実用場面においても導入可能な技術であると期待できた。ビンカでは光強度が高いほど開花期間の延長効果がみられたが、処理 5 週間目で開花数がゼロとなったことから、開花を維持するための光強度は  $42.0 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD 以上であることが示唆された。一方、トレニアでは、光量に依存せず 6 週間目に開花数がゼロとなっていたことと、Fig. 16 では開花数がむしろ 4 週間目まで増えていたことから、低い光強度では間欠的に開花する特性を持つと考えられ、このことが  $42.0 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD においても開花期間の延長効果がみられなかった原因となっている可能性がある。



**Fig. 16.** Effect of low light intensity on flower number and diameter. Vertical bars represent  $\pm$  SE (n = 10). NS, \*, \*\* and \*\*\* indicate *t*-test evaluation of non-significant and significant differences at  $P = 0.05$ , 0.01 and 0.001, respectively, from the control plants grown in greenhouse. *Helianthus* bore only one flower both in indoor and greenhouse treatments.





G

I

*Impatiens*

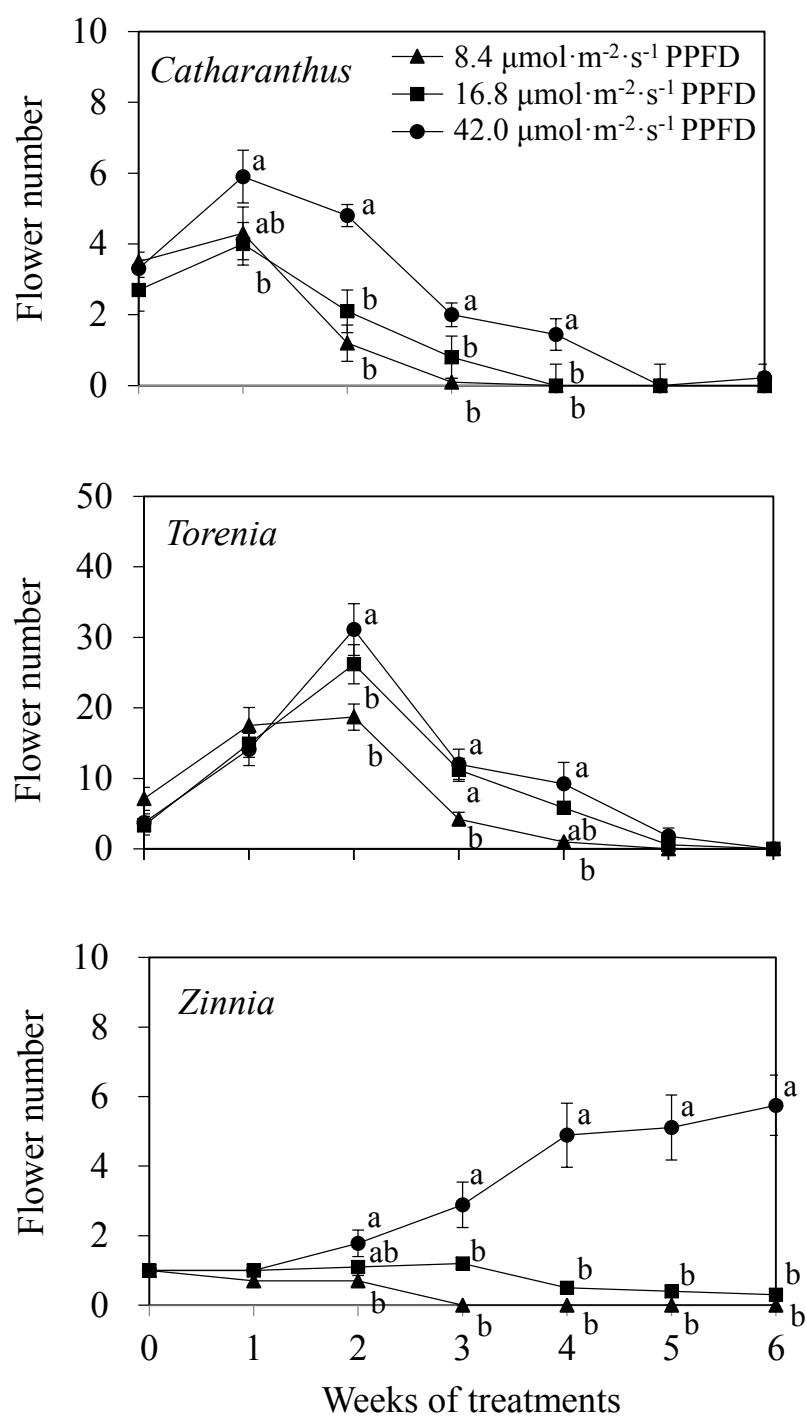


G

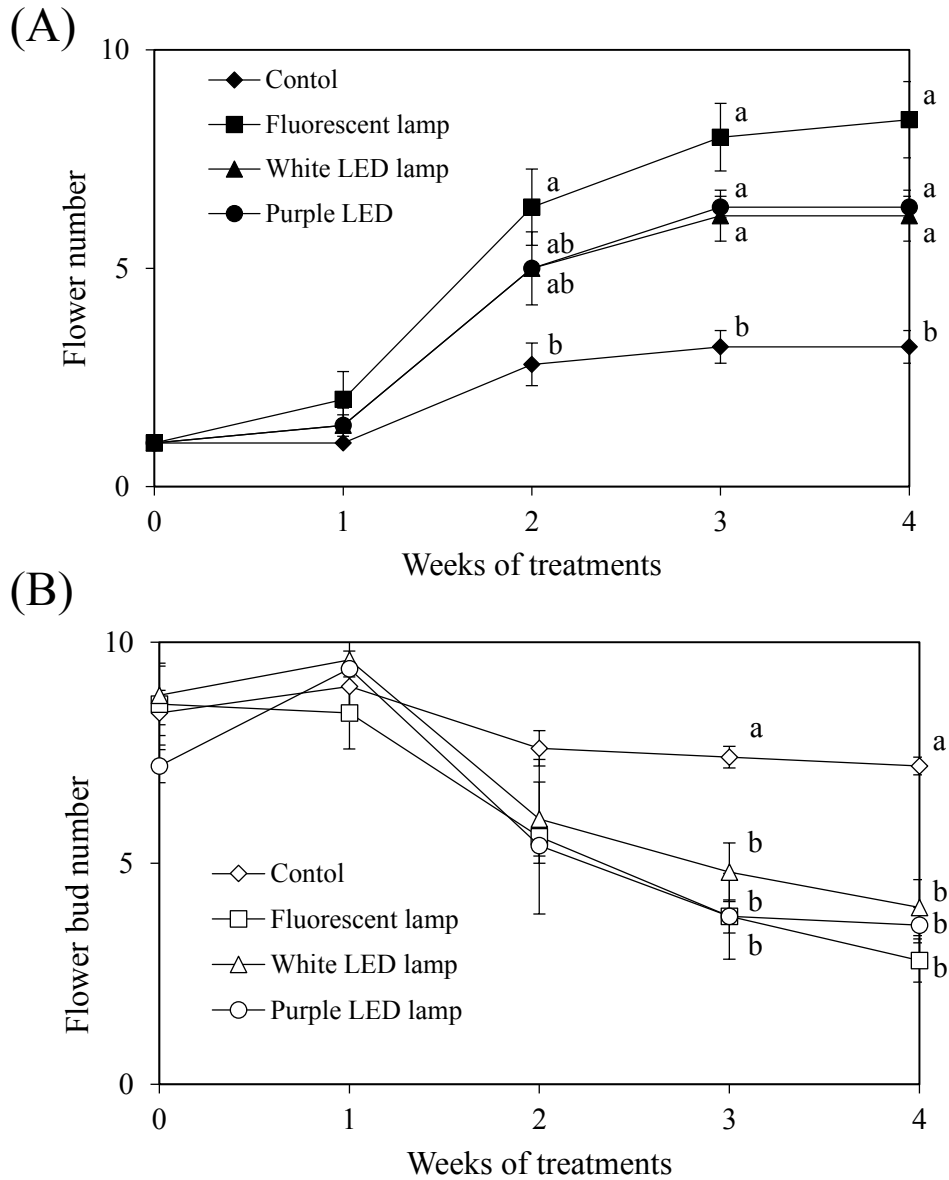
I

*Salvia*

**Fig. 17.** Effect of low light intensity on plant shape in *Impatiens* and *Salvia*. Photograph was taken after 3 (*Impatiens*) and 2 (*Salvia*) weeks of light treatment. G: greenhouse treatment (control), I: indoor treatment. Scale bars indicate 10cm.



**Fig. 18.** Effect of light intensity on flower number. Data represents the mean  $\pm$  SE (n = 10). The same letters indicate non-significant differences among the treatments at  $P$  value < 0.05 by Tukey's test.



**Fig. 19.** Effect of light source on number of flower (A) and flower bud (B) in *Zinnia elegans*. Data represents the mean  $\pm$  SE (n = 10). Same letters indicate non-significant differences among the treatments at  $P$  value < 0.05 by Tukey's test.

**Table 8.** Bedding plants used in this study.

Species	Cultivar	Start of treatment
<i>Catharanthus roseus</i>	Titan Rose	1 Aug
<i>Helianthus annuus</i>	Konatsu	27 Sep
<i>Impatiens walleriana</i>	Super Elphin XP Rose	27 May
<i>Petunia hybrida</i>	Rondo Rose	1 Aug
<i>Salvia splendens</i>	Red Hot Sally	28 May
<i>Tagetes patula</i>	Safari Yellow	5 Aug
<i>Torenia fournieri</i>	Kauai Rose	28 May
<i>Verbena hybrida</i>	Obsession White	28 May
<i>Zinnia elegans</i> × <i>Z. angustifolia</i>	Profusion Yellow	1 Aug

All experiments were conducted in 2014.

**Table 9.** Effect of indoor low light intensity on the growth of bedding plants.

Species	Growing condition	Plant width (cm)	Plant height (cm)	Length of the longest lateral stem (cm)	Length of the largest leaf length (cm)	Leaf colour (SPAD)
<i>Catharanthus roseus</i>	greenhouse	16.1 <sup>y</sup>	21.7	6.1	7.9	31.7
	indoor	15.5	15.5	3.6	8.0	39.0
	t-test <sup>x</sup>	NS	**	**	NS	*
<i>Helianthus annuus</i>	greenhouse	18.7	17.6	ND <sup>z</sup>	ND	29.1
	indoor	19.8	17.7	ND	ND	29.2
	t-test	NS	NS	ND	ND	NS
<i>Impatiens walleriana</i>	greenhouse	23.2	12.8	11.0	5.7	34.0
	indoor	22.2	12.1	9.3	6.3	40.3
	t-test	NS	**	**	**	**
<i>Petunia hybrida</i>	greenhouse	23.2	12.9	13.0	5.8	32.4
	indoor	17.9	11.3	9.3	6.2	38.6
	t-test	**	*	**	NS	*
<i>Salvia splendens</i>	greenhouse	16.5	24.4	9.5	11.3	34.1
	indoor	18.5	19.4	3.4	11.4	54.2
	t-test	NS	**	**	NS	**
<i>Tagetes patula</i>	greenhouse	21.3	31.1	17.2	8.5	33.4
	indoor	21.6	24.6	10.6	8.3	42.5
	t-test	NS	**	**	NS	**
<i>Torenia fournieri</i>	greenhouse	26.4	17.6	15.4	8.2	32.0
	indoor	26.4	17.6	14.0	7.8	37.3
	t-test	NS	NS	NS	NS	**
<i>Verbena hybrida</i>	greenhouse	26.0	16.2	17.4	5.0	37.1
	indoor	21.7	12.8	14.2	5.2	36.3
	t-test	**	**	**	NS	NS
<i>Zinnia elegans</i> × <i>Z. angustifolia</i>	greenhouse	26.6	35.3	27.4	6.4	30.5
	indoor	23.3	27.6	21.1	6.8	30.2
	t-test	*	**	**	NS	NS

<sup>x</sup>NS, \* and \*\* indicate *t*-test evaluation of non-significant and significant differences at  $P = 0.05$  and  $P = 0.01$ , respectively.

<sup>y</sup>Data were collected after 3 weeks of the treatment, except *Helianthus annuus* and *Verbena hybrida* were measured after 1 and 2 weeks of the treatment, respectively, when flower number reached zero. Values show the mean ( $n = 10$ ).

<sup>z</sup>ND: no data.

**Table 10.** Changes in plant height and leaf color of bedding plants grown under indoor low light condition.

Species	Plant height (cm)			Leaf color (SPAD)		
<i>Catharanthus roseus</i>	13.2	(117.4)	**	41.9	(93.7)	NS
<i>Helianthus annuus</i>	17.4	(97.1)	NS	28.5	(107.2)	*
<i>Impatiens walleriana</i>	9.4	(128.7)	**	43.2	(93.3)	*
<i>Petunia hybrida</i>	11.3	(100.0)	NS	41.3	(93.4)	NS
<i>Salvia splendens</i>	19.5	(99.5)	NS	56.6	(95.8)	NS
<i>Tagetes patula</i>	21.6	(113.9)	*	47.9	(88.9)	**
<i>Torenia fournieri</i>	12.5	(140.8)	**	35.1	(106.3)	NS
<i>Verbena hybrida</i>	12.4	(103.2)	NS	40.7	(89.1)	**
<i>Zinnia elegans</i> × <i>Z. angustifolia</i>	25.0	(110.4)	NS	28.0	(107.6)	NS

Parenthesized figures are increased/decreased values in 3 weeks relative to a starting-up time of the experiment (except *Helianthus* and *Verbena* of those in 2 weeks). NS, \*, and \*\* indicate nonsignificant and significant differences at  $P = 0.05$  and  $P = 0.01$ , respectively, by t-tests.

## 第5章 総合討論

これまで、花きの室内観賞は、切り花および鉢ものに限られてきた。鶴島（2008）によると、切り花は植物体から切り離されて出荷され、利用場面でのアレンジメントが必要な半完成品で、輸送性のあるものは国際商品として流通する一方で、観賞期間は一般的に短い。一方、鉢ものはそのまま観賞できる完成品で、鉢の種類や仕立て方法などが消費者ニーズに応じて多様である。また、鉢ものは、切り花と比べ観賞期間は長いものの、輸送に劣ることや仕立てに労力やコストが多くかかることが問題でもある。一方、花壇用花きは、観賞期間が切り花よりも長いこと、ならびに出荷までの栽培期間が鉢花よりも短く、小型で輸送性に優れることが特長である。そこで、本研究では、切り花よりも長い一定の観賞期間を設定した花壇用花きの室内観賞システムという、切り花でも鉢花でもない第3の利用法を確立することを目的に、室内環境に対する花壇苗の生態的特性ならびにそれに対応した技術要素を整理、体系化することを目指した。そのため、観葉植物が室内植物として確立された際に必要とされた技術に基づき、花壇用花きの室内観賞に適した栽培容器ならびに培地の改良、室内の光環境への適応性の評価、ならびに観賞性向上技術の開発に取り組んだ。このシステムを用いることにより、室外での利用に限定されていた9品目の花壇用花きのうち、5品目が室内で一定期間観賞できることを示した。このことは、これまで室内で利用されてこなかった植物も室内利用できる可能性があること、そして、今後このシステムがより幅広い品目に応用可能であることを示すものである。

一方本研究では、室内適応性の高い品目としてビンカ、インパチェンス、マリーゴールド、トレニア、ジニアが含まれることを明らかにしたが、これらの品目を含め室内観賞を想定した育種はなされていないのが現状である。ジニアでは室内適応性が高かったのに加え、 $2,500\text{ lx}$  ( $42.0\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD) で観賞期間の大幅な延長が見られた。陽生植物であるジニアが弱光への適応能力が特に高かった理由は不明であるが、総合緒言で述べたフィカス・ベンジャミナのように、葉緑体当たりのクロロフィル含量の増加や柵状組織細胞の小型化が生じ、光合成効率を高める体制が迅速に構築された可能性がある。今後、このような室内適応性の生理的メカニズムの解明が、室内適応性を目指した育種技

術の開発に繋がることを期待したい。

本研究では、室内の照度を  $1,000 \text{ lx}$  ( $16.8 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD) と定めたが、オフィスなどの会議室の推奨照度は  $500 \text{ lx}$  ( $8.4 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD) であり、第 4 章の結果から、この条件では長期の観賞は困難であることを明らかにした。しかし、LED や蛍光灯といった人工光源を夜間補光することで、ジニアにおいて開花数が維持されたことから、品目にもよるが、この技術で問題は解決できると考えられた。欧米では、温室内での日中補光による LED 利用がすでに始まっている（雨木、2013）。LED 光の技術発展は著しく（渡邊、2012）、室内の極めて省スペースでも局所的に照射できることから、インテリアにマッチした照明は実現可能性が高い。

花き園芸で現在主に使用されている栽培容器は、ポリポットや鉢である。ポリポットは中間的な栽培容器として考えられており、生分解性のポットを除き、基本的に使用後焼却処分される。一方、鉢は、花きの観賞価値の最も高い段階で利用されるため、ポリポットとは異なり丈夫なプラスチックで構成されており、玄関やリビングでの利用を想定し、鉢の外側に趣向を凝らしたデザインを施しているものが多い。かつては素焼き鉢が主流であったが、高いコストと重量が理由で現在はほとんど使用されていない。農林水産省による平成 26 年度の花きの出荷量の統計では、鉢ものの類が約 2 億 3 千万鉢、花壇用苗ものの類が 6 億 9 千万ポットで、合計で約 9 億 2 千万である（農林水産省、2015）。毎年 9 億以上のポリポットや鉢が消費され、将来的には焼却処分されている現状にある。廃プラスチックの 1 t あたりの二酸化炭素排出量は  $320 \text{ kg}$  であることから（経済産業省、2012）、1 鉢平均  $20 \text{ g}$  とし、30%が再利用されず焼却されたと仮定した場合、年間  $1,728 \text{ t}$  排出されると試算できる。このように、ポリポットや鉢の使用量を減らすことが可能となれば温室効果ガス削減にも貢献できる。同時に、廃棄されていた布素材の利活用により、さらなる削減効果が期待できる。本研究においては、布素材の栽培容器はポリポットと同様に実用性が高いことを明らかにした。布素材は加工が容易であるため、様々な大きさや形状の栽培容器を作製できる。例えば袋状にすれば培地もこぼれず、植物を上からつるすことも可能となる。このように場所に応じた利用方法を提案できることは最大の利点とも言える。

本研究で開発した室内観賞システムを用いて、「花活布®」という名で商品化を検討している。



「花活布®」という名は、花を活かし、布を活かすという意味で付けられ、本研究の成果を具現化したものである。普及センターと連携し、生産者委託栽培が行われ、(株)サマーランド（東京都あきるの市）や道の駅季楽里あさひ（千葉県旭市）など複数の施設で試験的な販売が始まったところである（Fig. 20）。「花活布®」の原価は布素材の資材や加工代が約 100 円、生産者委託代が約 100 円、そのほか梱包資材や送料を含めると約 280 円となる。これに 40%の利益を積み上げても販売価格は 400 円程度となり（中間業者を仲介しない場合）、2 章での消費者アンケート調査結果よりも価格を安く抑えることが可能である。「花活布®」は、1a あたり 7,000 個生産できることから、生産者委託代約 100 円のうち生産コストを 50%（約 50 円）とすると、生産者の純利益は 1a あたり 35 万円となる。農林水産省の統計（農林水産省、2015）によると、平成 26 年度の花壇用花苗類の生産面積は約 150,000a、産出額は 310 億円である。生産面積の 1%（1,500a）が室内用の花壇用花きとして新たに増えた場合、産出額が約 10 億円増加する。また、1 個 400 円で販売した場合、新たな市場として約 40 億円の増加が見込まれる。なお、「花活布®」の商品化にあたって、栽培容器の形状を商品化に合わせて多少変更したが、廃棄されている布素材と有機質培地を活用するというコンセプトは変わっていない。花を育て楽しむという花育の教育効果に加え、産業廃棄物のコイアと廃棄衣料品をリサイクルして新たな製品が産み出されることを実感させる効果から、学校の教材として活用されることも今後期待したい。また、布素材の栽培容器は簡単に作製できるため、社会福祉法人旭川壮（岡山県岡山市）の職業訓練の一環として、福島県双葉郡葛尾村の復興支援策として取り組めるか検討してきている。今後も様々な業界と連携して進めることで、社会に少しでも貢献できればと考えている。



**Fig. 20.** Pilot use of “Dressed Flower (“Hanakappu” in Japanese) at a restaurant. This picture was taken at TOKYO SUMMERLAND Co., Ltd (June 11, 2016).

## 摘 要

花壇用花きの室内栽培・利用システムの構築を目指した。そのために、布素材の栽培容器の開発とその特性調査、およびフレームを活用した壁面緑化システムの開発、室内栽培に適した焼却可能な培地の開発、室内において生育の制限要因となる弱光条件に適応性のある品目のスクリーニングに取り組んだ。

第1に、花壇用花きの室内利用に向け、学校制服の布素材を平板状の袋に縫製加工した布容器を開発し、その実用性を評価した。布素材はポリポットと比べ乾燥しやすく、地温の低下をもたらした。この栽培システムにおいてしばしば問題となる、布容器に発生する菌類（カビ）の ITS 領域の塩基配列解析を行ったところ、*Simplicillium* 属菌であることが示された。さらに、ウールが原因で発生するこれらのカビに対して、人体に安全性の高いヒバ油と木酢油の防除効果が高いことが示された。また、布容器表面に析出する白色の固形物の原因が硫酸カルシウムであることを明らかにし、培地に腐葉土を用いないことで析出を防止できることを示した。一方で、布容器に適した壁面緑化用フレームを開発するとともに、灌水用のシートを検討した。開発した壁面緑化用フレームは、布容器を固定し観賞する部分と水を貯水し布容器へ給水する部分とを分離してそれぞれ独立させた構造とした。給水シートとしてのポリビニルアルコール（PVA）は、従来のポリエステルと比べ、安定的に水を供給できることが明らかとなった。

第2に、この栽培システムに適した軽量培地の種類と量を検討した。培地の種類に関しては、ピートモス単体では生育阻害が認められたが、コイアとピートモスの混合培地におけるマリーゴールドとダイアンサスの生育は、赤土を主体とした標準培地と同等であり、実用性が高かった。布容器を用いた場合の生育は、ポリポットと比べ最大葉長が小さくなる傾向にあったが、生育への影響は、栽培容器の種類よりも培地の種類の方が大きく、布容器はポリポットの代替品として実用上問題がなかった。培地の有効水分は、標準培地と比べ有機質培地で高かった。C-N 率は有機質素材で高く、pH はピートモス比率が高いほど低かった。このように、有機質培地においては、実用上問題ない生育が認められ

たものの、その物理化学特性は標準培地と大きく異なっていた。最適な培地量を検討したところ、100 mL の培地量ではマリーゴールドとダイアンサスに生育阻害が認められたため、培地量は 200 mL あるいはそれ以上が適していることが明らかとなった。

第 3 に、花壇用花きの室内利用を目指し、花壇用花き 9 品目について、弱光条件下（1,000 lx、16.8  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD）での品質保持特性を調べた。開花期間を指標に各品目の室内適応性を評価した結果、これらの品目は 3 つのグループに分類された。グループ 1 は、開花期間自体が短く、弱光処理の影響が判然としないグループ、これにはヒマワリが含まれた。グループ 2 は、弱光処理区で開花期間が 3 週間未満と短く室内適応性が低いグループ、これには、ペチュニア、サルビア、バーベナが含まれた。グループ 3 は弱光処理区で開花期間が 3 週間以上と長く、室内適応性が高いグループであり、これにはビンカ、インパチェンス、マリーゴールド、トレニア、ジニアが含まれた。弱光への影響は植物の種類によって大きく異なったが、草丈や最大側枝長に対して大きく、株張に対しては小さい傾向にあった。一方で、葉色はほとんどの品目で温室と比べ室内でより濃くなった。さらに、弱光への適応性が高かったビンカ、トレニア、ジニアについて、光強度の違いが観賞時の生育や開花に及ぼす影響を調べた結果、いずれの品目も、500 lx（8.4  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD）では観賞に堪える品質を維持できなかった。一方、いずれの品目も光強度が大きくなるにつれて開花期間は延長したが、光への応答は品目により異なった。ビンカやトレニアでは、2,500 lx（42.0  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD）で開花期間の延長が見られたが、開花数は時間の経過とともに減少した。一方、ジニアは開花数が時間の経過とともに増加を続けた。したがって、ジニアにおいては、窓際など明るい室内で長期間の観賞が期待できると考えられた。また、ジニアでは、LED および蛍光灯の夜間補光が開花期間の延長に有効であった。

# Indoor cultivation system developed for bedding plants based on dissection of technical and physiological factors characteristic to indoor environment.

Tatsuo Okazawa

Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

This study aimed to construct indoor cultivation and utilization system for bedding plants. For this purpose, we developed cloth container, wall greening system using both the cloth container and hanging frame, culture medium which can be discarded as burnable garbage, and screened species suitable for low light intensity indoor environment, which is the main limiting factor for plant longevity.

First, we developed flat cloth container made of discarded school uniform. Compared to plastic pot, the cloth container tended to be more readily dehydrated, which caused lower medium temperature. White fungus colonies often formed on the cloth container was classified as the genus *Simplicillium* on the basis of ITS sequence analysis. The application of human-friendly fungicides, hydrophilic hiba essential oil and wood vinegar, effectively controlled fungi. White solid accumulations deposited on surface of cloth container was calcium sulfate, which can be prevented by omitting leaf mold from the medium. Further, we developed hanging frame suitable for cloth container and water sheets. The frame consisted of window to display cloth container and water supplier. The PVA (polyvinylalcohol) sheet showed stable water supply than polyester ones.

Second, the composition and volume of lightweight organic culture medium appropriate for this culture system were investigated. Marigold and dianthus planted in coir or a mixture of coir and peat moss grew as well as those in the standard mixed red clay soil, while peat moss alone inhibited growth. Although length of largest leaf of the plants grown in the cloth container were

slightly smaller than those in a usual plastic pot, presenting no problem for practical production. The appropriate volume of the medium was 200 mL or more, although a smaller volume such as 100 mL caused growth inhibition.

Third, the adaptability of 9 bedding plants to low light intensity was evaluated for their indoor use. Based on the duration of flowering in indoor low light intensity [1,000 lx,  $16.8 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  photosynthetic photon flux density (PPFD)], the plants' adaptability was classified into 3 groups. In group 1, effect of low light intensity was unclear because of short flower longevity irrespective of light intensity; this group included *Helianthus*. Group 2 included species not adaptable to indoor low light intensity, in which the duration of flowering indoors was less than 3 weeks; this group included *Petunia*, *Salvia*, and *Verbena*. Group 3 included species adaptable to indoor conditions, in which the duration of flowering was longer than 3 weeks; this group included *Catharanthus*, *Impatiens*, *Tagetes*, *Torenia*, and *Zinnia*. The effect of low light intensity on shoot growth did not appear as reduction in plant width, but it did appear on plant height and length of the longest lateral stem. Leaf colour of most species was darkened by low light intensity. Even *Catharanthus*, *Torenia* and *Zinnia*, which showed highest adaptability to low light intensity, could not maintain sufficient ornamental quality in  $8.4 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD. The duration of flowering became longer as light intensity increased although the response was different among species. In *Catharanthus* and *Torenia*, the duration of flowering was extended in 2,500 lx ( $42.0 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFD), while the flower number decreased eventually. However, flower number of *Zinnia* continued to increase in the same light intensity, indicating that long-term use was possible in bright indoor conditions, including locations such as windowsills and showcases. Further, supplemental lighting in the night using LED or fluorescent lamps effectively increased duration of flowering of *Zinnia*, indicating supplementary lighting is effective to compensate for shortage of light.

## 引用文献

- Abad, M., P. Noguera, R. Puchades, A. Maquieira and V. Noguera. 2002. Physico-chemical and chemical properties of some coconut dusts for use as a peat substitute for containerized ornamental plants. *Biores. Technol.* 82: 241-245.
- 安達嘉一・加賀秀治・鶴田裕. 1998. 図解建築施工用語集（全訂版）. p50. 東洋書店. 東京.
- Allan, S. and H. Kim. 2007. 19th and 20th century plant hunters. *HortScience*. 42 (2): 197-199.
- Aloni, B., J. Daie and L. Karni. 1991. Water relations, photosynthesis and assimilate partitioning in leaves of pepper (*Capsicum annuum*) transplants: Effect of water stress after transplanting. *J. Hort. Sci.* 66: 75-80.
- 雨木若慶. 2013. 花卉生産での人工光源の利用. 農業技術体系花き編. p226 の 12-17 の 7. 3. 追録 15. 農文協. 東京.
- 雨木若慶. 2016. インドアプランツの品質保持. 農業技術体系花き編. p162 の 2-10. 4. 追録 18. 農文協. 東京.
- Anderson, J. M. 1986. Photoregulation of the composition, function, and structure of thylakoid membranes. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 37: 93-136.
- 新井聡・平野哲司・大石一史. 2013. LED 照射の近接照射が棚下の観葉植物の生育に及ぼす影響. 愛知農総試研報. 45: 69-77.
- 新井聡・大石一史. 2011. 夜間の各種単波長の LED 照明が数種の鉢物の生育に及ぼす影響. 愛知農総試研報. 43: 41-53.
- 浅海英記・仁科弘重・中村博文・増井典良・橋本康. 1995. 観葉植物を見ることが VDT 作業に伴う視覚疲労に及ぼす影響. 植物工場学会誌. 7: 138-143.
- Awang, Y. and M. Ismail. 1977. The growth and flowering of some annual ornamentals on coconut dust. *Acta Hort.* 450: 31-38.

- Beckmann-Cavalcante, M. Z., K. F. Lopes-Pivetta, E. Meinken and R. Roeber. 2009. Growth of *Chrysanthemum* × *Grandiflorum* in different peats and change of peat properties during cultivation. *Acta Hort.* 819: 181-184.
- Bischoff, J. F. and J. F. White. 2004. *Torrubiella piperis* sp. Nov. (Clavicipitaceae, Hypocreales), a new teleomorph of the *Lecanicillium* complex. *Stud. Mycol.* 50: 89-94.
- Boardman, N. K. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 28: 355-377.
- Briggs, G. B. and C. L. Calvin. 1987. *Indoor Plants*. John Wiley & Sons. Inc. New York.
- Bunt, A.C. and Z. J. Kulwiec. 1970. The effect of container porosity on root environment and plant growth. *J. Plant Soil.* 32 (1): 65-80.
- Cerny, T. A., J. E. Faust, D. R. Layne, and N. C. Rajapakse. 2003. Influence of photoselective films and growing season on stem growth and flowering of six plant species. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 128: 486-491.
- Chen, J., Q. Wang, D. B. McConnell and R. J. Henny. 2005. Response of tropical foliage plants to interior low light conditions. *Acta Hort.* 669: 51-56.
- Chen, R. S., C. C. Huang, J. C. Li and J. G. Tsay. 2008. First report of *Simplicillium lanosoniveum* causing brown spot on *Salvinia auriculata* and *S. molesta* in Taiwan. *Plant Dis.* 92: 1589.
- Chen, X., C. Jiang, Z. Zou and H. Gao. 2002. The steric structure of thylakoid and its regulation to distribution of excitation energy. *Plant Physiol. Commun.* 38: 307-312.
- Chong, Z. L. and G. H. Ali. 2012. Greenscaping buildings: Amplification of vertical greening towards approaching sustainable urban structures. *CSABE.* 2: 13-22. <<http://www.sersc.org/journals/CSABE/vol2/3.pdf>>.
- Chow, W. S., E. H. Kim, P. Horton and J. M. Anderson. 2005. Granal stacking of thylakoid membranes in higher plant chloroplasts: the physicochemical forces at work and the functional consequences that



ensue. Photochem. Photobiol. Sci. 4: 1081-1090.

Conover, C. A. and R. T. Poole. 1981. Influence of light and fertilizer level and fertilizer sources on foliage plants maintained under interior environments for one year. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106: 571-574.

DI Benedetto, A.H. and A.F. Garcia. 1992. Adaption of ornamental aroids to their indoor light environments. I. Spectral and anatomical characteristics. J. Hort. Sci. 67: 179-188.

Eugene, G. K., N. Moss and R. K. Crookston. 1975. Carbon dioxide compensation points of flowering plants. Plant Physiol. 56: 194-206.

Faust, J. E., V. Holcombe, N. C. Rajapakse and D. R. Layne. 2005. The effect of daily light integral on bedding plant growth and flowering. HortScience. 40: 645-649.

藤井正基・谷真拓・沢田史子・上島浩二・野上耕作・大藪多可志. 2007. ポトス生育環境におけるガス状空気汚染物浄化特性. EICA. 12 (1): 29-34.

藤村次郎. 1966. 園芸技術の近代化 3. 温室・花卉. p172-173. 地球出版. 東京.

藤原俊六郎・安西徹郎・小川吉雄・加藤哲郎. 2010. 土壌肥料用語辞典第2版. p214. 農山漁村文化協会. 東京.

Ghehsareh, A. M., H. Borji and M. Jafarpour. 2011. Effect of some culture substrates (date-palm peat, cocopeat and perlite) on some growing indices and nutrient elements uptake in greenhouse tomato. Afric. J. Microb. Res. 5: 1437-1442.

浜崎大. 2012. 江戸奇品解題. p207-227. 幻冬舎ルネサンス. 東京.

Handreck, K. A. 1993. Properties of coir dust, and its use in the formulation of soilless potting medium. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 24: 349-363.

Harris, C. W., N. T. Dines and K. D. Brown. 1998. Time-saver standards for landscape architecture. p620/14- 620/17. McGraw-Hill. New York.

長谷川教佐. 2006. 日本におけるガーデニング・ブームーその時期と参加者. 麗澤大学紀要. 83-112.

橋本幸博・鳥海吉弘・五反田千明. 2014. 室内緑化によるオフィスの労働環境向上に関する研究.

職業能力開発研究誌. 30 (1): 185-190.

幡野由理・山根直人・小田倉泉 (2009) 保育環境における壁面装飾の意義 1－幼稚園教員・保育士への質問紙調査から－. 埼玉大学紀要. 58 (2): 171-181.

平井和彦・小山秀美・小柴多佳子・安田健・樋口明久・岡澤立夫・島地英夫・田旗裕也. 2012. 灌水労力を軽減する吸水性シートの開発. 東京産技研研報. 7: 144-145.

平井正良・雨木若慶・渡邊博之. 2006. 発光ダイオード (LED) による単色光照射がナス、リーフレタス、ヒマワリの節間伸長に及ぼす影響. 植物環境工学. 18 (2): 160-166.

穂鷹知美. 2001. 観葉植物－室内の緑化からみるドイツ近代都市の自然環境史－. 学習院史学. 39: 89-103.

石川順也・山中正仁. 2008. 培養土のピートモス比率が定植後のパンジー、プリムラの生育に及ぼす影響. 兵庫農技総セ研報. 56: 1-5.

今西弘子・生尾昌子・稲本勝彦・土井元章・今西英雄. 2002. 植物の存在がオフィスで働く人々に与える心理効果. 園学研. 1: 71-74.

岩崎徹. 1995. 弱光ストレスに対する *Ficus benjamina* L. の形態的・生理的順化反応. 東京農業大学修士論文.

岩崎泰永・千葉佳朗. 1999. 有機質資材を培地としたトマトの循環型養液栽培システムの開発. 宮城園試報. 12: 1-11.

神野節子. 1960. 衣服衛生加工剤の防菌効果の実験:布繊維防黴に関する問題 (第3報). 家政学雑誌. 11 (3): 165-169.

JIS ハンドブック. 2016. 電気設備Ⅲ 照明関連器具. p200-227. 日本規格協会. 東京.

経済産業省. 2011. 繊維製品 3R 関連調査事業報告書. p1-15.

経済産業省. 2012. 廃棄物処理部門における温室効果ガス排出抑制等指針マニュアル. p15.

Khayyat, M., F. Nazari and H. Salehi. 2007. Effect of different pot mixture on pothos (*Epipremnum aureum* Lindl. and Andre ‘Golden Pothos’) growth and development. Am-Euras. J. Agric. Environ. Sci. 2: 341-

- 駒形智幸・高城誠志・本図竹司. 2002. シクラメンの品質保持に及ぼす観賞段階の気温及び照度の影響. 茨城園研報. 10. 16-21.
- 駒形智幸・高城誠志・本図竹司. 2005. 鉢物用カーネーションの品質保持に及ぼす観賞時の光強度の影響. 茨城園研報. 13: 25-29.
- 近藤三雄. 2015. 日本における都市緑化事業の方途・手法・技術の展開と課題ー「都市緑化学」構築に向けての序章ー. J. Agric. Sci. Tokyo Univ. Agric. 59 (4): 235-253.
- 近藤三雄・鳥山貴司. 1989. 室内等の緑による VDT 作業がもたらす視覚疲労の回復効果に関する実験的研究. 造園雑誌. 52 (5): 139-144.
- 康宝昇・沢田史子・大藪多可志・泉井桂・岡澤立夫・木曾雅昭. 2007. フェニックス・ロベレニ一の空気浄化能力と室内設置効果. ケミカルセンサ研究会. 2007 (49): 1-6.
- Li, Q., J. Chen, M. Deng and R. J. Henny. 2009. Effects of Light Intensity and Paclobutrazol on Growth and Interior Performance of *Pachira aquatica* Aubl. Hortscience. 44 (5): 1291-1295.
- Ma, Y. and D. Nichols. 2004. Phytotoxicity and detoxification of fresh coir dust and coconut shell. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 35: 205-218.
- Manaker, G. H. 1997. Interior plantscapes: Installation, maintenance, and management. 3rd ed. History and origins. p16-31. Upper Saddle River. New Jersey.
- Martens, M. and A. Michelsen. 1981. Absorption of acoustic energy by plant leaves. Acoustical Society of America-Digital Library. 303-306.
- Meerow, A. 1994. Growth of two subtropical ornamentals using coir (coconut mesocarp pith) as a peat substitute. Horticulture. 29: 1484-1486.
- Meteyard, E. 1866. The life of Josiah Wedgewood. From his private correspondence and family papers. p154. Spottiswoode and Co. London.
- 宮坂祐司・雨木若慶・佐藤幸治・渡邊博之. 2005. ペチュニアの成長と形態形成に対する GA<sub>3</sub> 処

理と各種 LED 光照射の影響. 園学雑. 74 (別 1): 150.

Moccaldi, L. A. and E. S. Runkle. 2007. Modeling the effects of temperature and photosynthetic daily light integral on growth and flowering of *Salvia splendens* and *Tagetes patula*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 132: 283-288.

森田泰弘・岡部敏弘・光源寺宏治・福井徹・福田清春. 2011. 木材の熱分解物から調整した木酢油の抗菌活性と木材保存材としての利用. 木材保存. 37 (4): 165-170.

MPS ジャパン. 2008. 花と環境に関する調査. p12. 日本フローラルマーケティング協会. 東京.

Murchie, E. H. and P. Horton. 1997. Acclimation of photosynthesis to irradiance and spectral quality in British plant species: chlorophyll content, photosynthetic capacity and habitat preference. Plant Cell Environ. 20: 438-448.

長村智司. 1991. 底面給水に関する研究 (第 2 報) マットおよびひも利用給水による鉢花の生育について. 奈良農試. 22: 81-87.

中島貞至. 1993. 木酢液の施用がトマト、ナス、およびメロンの初期生育に及ぼす効果について. 高知大学学術研究報告. 59-68.

NeSmith, D. S., D. C. Bridges and J. C. Barbour. 1992. Bell pepper responses to root restriction. J. Plant Nutr. 15: 2763-2776.

仁科弘重・中本有美・渡森里・増井典良・藤本康. 1998. 観葉植物が人間の心理に及ぼすアメニティ効果の脳波及び SD 法による解析. 植物工場学会誌. 10: 65-69.

Niu, G., R. D. Heins, A. C. Cameron, and W.H. Carlson. 2000. Day and night temperatures, daily light integral, and CO<sub>2</sub> enrichment affect growth and flower development of pansy (*Viola×wittrockiana*). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125: 436-441.

新妻昭夫. 2004. 英国の温室の歴史と椰子のイメージ. 恵泉女学院大学園芸文化研究所報告. 園芸文化. 1: 16-39.

農林水産省. 2004. 花きの生産・流通の課題. <[http://www.maff.go.jp/j/study/other/kaki\\_sangyo/02/pdf](http://www.maff.go.jp/j/study/other/kaki_sangyo/02/pdf)>.

- 農林水産省統計. 2013. 花き生産出荷統計（平成 24 年度産）. 農林統計協会. 東京.
- 農林水産省統計. 2015. 花き生産出荷統計（平成 26 年度産）. 農林統計協会. 東京.
- 岡澤立夫・道園美弦・椿眞由巳. 2008. 屋上緑化に向けた花マット植物の開発. 農業および園芸. 83 (10): 1075-1080.
- 岡澤立夫・松浦里江・節句田恵美・濱本宏・西島隆明. 2016. 布容器と有機質培地の利用による花壇用花きの生育および開花. 園学研. 15 (1): 19-28.
- 沖中健・野島義照・小林達明・瀬戸裕直. 1994. つる性植物の被覆がコンクリート建物の壁面温度に及ぼす影響. 千葉大学園芸学部学術報告. 48: 125-134.
- Pearson-Mims, C.H. and V. I. Lohr. 2000. Reported impacts of interior plantscaping in office environments in the United States. HortTechnology. 10: 82-86.
- Peterson, T. A., M. D. Reinsel and D. T. Krizek. 1991. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv 'Better Bush') plant response to root restriction. J. Expt. Bot. 42: 1241-1249.
- Perini, K., M. Ottele, A. L. A. Fraaij, E. M. Haas and R. Raiteri. 2011. Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelop. Build. Environ. 46 (11): 2287-2294.
- Polar, P., M. T. K. Kairo, D. Peterkin, D. Moore, R. Pegram and S. A. John. 2005. Assessment of fungal isolates for development of a mycoacaricide for cattle tick control. Vector-Borne Zoo. Dis. 5: 276-284.
- Rakhshandehroo, M., M. Yusof, M. Johari and R. Arabi. 2015. Living Wall (Vertical Greening): Benefits and threats. Mech. Mat. 747: 16-19.
- 佐藤睦子. 1969. 繊維および繊維製品に対するカビの影響について（第 5 報）. 京都府立大学学術報告. 20: 15-20.
- 瀬川弥太郎. 1958. 観葉植物. p1-6. 加島書店. 東京.
- Schulz, P. 1955. Growing plants under artifocial light. M. Barrow & Co. Inc.
- Sekkuden, M., T. Yamamura, T. Okazawa, K. Goda and T. Okabe. 2012. Utilization of wasted clothes materials of uniform for agricultural and greening materials. Trans. Mat. Res. Soc. Japan. 37: 45-48.

- 渋谷圭助・佐藤澄仁. 2004. パネル設置型および下垂型壁面緑化における温熱環境評価. 日本緑化工学会誌. 30 (1): 211-214.
- 下村孝・黒宮ゆかり・上町あずさ. 2007. 家庭における室内緑化植物の利用実態と利用者の意識. 人間・植物関係学会雑誌. 6 (2): 31-39.
- 須田晃・西尾壤一・福田正夫. 2001. 観賞時の光条件と栽培時の BA・GA 処理がシクラメンの観賞期間に及ぼす影響. 愛知農総試研報. 33: 201-206.
- 鈴木賢一・岡庭純子. 2008. 小児病棟における壁面装飾の印象と効果に関する研究. 日本建築学会計画系論文集. 73 (625): 511-518.
- 高橋ちぐさ・下村孝. 2002. 雑誌・書籍の出版動向及び記事内容から見たガーデニングブームの実態. J. JILA. 65 (5): 397-400.
- 滝沢昌道. 2004. 鉢花のマーケティング管理と技術対応に関する研究. 千葉大学学位論文.
- Tanase. K., A. Ushio and K. Ichimura. 2005. Effects of light intensity on flower life of potted *Delphinium* plants. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 74: 395-397.
- Tehranifar, A., M. Poostchi, H. Arooei and H. Nematti. 2007. Effects of seven substrates on qualitative and quantitative characteristics of three strawberry cultivars under soilless culture. Acta Hort. 761: 485-488.
- Terashima, I. and K. Hikosaka. 1995. Comparative ecophysiology of leaf and canopy photosynthesis. Plant Cell Environ. 18: 1111-1128.
- 特許庁. 2014. 平成 26 年度特許出願技術動向調査報告書（概要）高吸水性樹脂. p2.
- 東海農政局. 2012. 花と暮らしの関わり方に関するアンケート結果. 平成 23 年度農林水産情報交流ネットワーク 事業地方調査. 1-9.
- 東京都江戸東京博物館. 2016. 史料で読む江戸の園芸文化. 東京都江戸東京博物館調査報告書. 31: 49-122.
- 鶴島久男. 2008. 最新花き園芸ハンドブック. p22-23. 養賢堂. 東京.

Trinklein, D. H. 2016. Lighting indoor houseplants. MU extension. Columbia, Missouri.

塚本洋太郎. 1978. 園芸の時代. p152-187. 日本放送出版協会. 東京.

宇川裕亮・土屋一彬・大黒俊哉. 2015. 密集市街地における接道部緑化と建築年代及び形態の関係. 公社日本都市計画学会. 都市計画報告集. 14: 192-195.

Ward, N. A., C. L. Robertson, A. K. Chanda and R. W. Schneider. 2012. Effects of *Simplicillium lanosoniveum* on *Phakopsora pachyrhizi*, the soybean rust pathogen, and its use as a biological control agent. Phytopathology. 102: 749-760.

渡邊博之. 2012. LED を用いた野菜工場. p38-46. シーエムシー出版. 東京.

Wolverton, B. C. and J. D. Wolverton. 1993. Plants and soil microorganisms: Removal of formaldehyde, xylene, and ammonia from the indoor environment. J. Missi. Acad. Sci. 38 (2): 11-15.

Zare, R. and W. Gams. 2008. A revision of the *Verticillium fungicola* species complex and its affinity with the genus *Lecanicillium*. Mycol. Res. 112: 811-824.

Zhou, W. Z. and X. B. Xu. 1993. Pejing: The Chinese art of Bonsai. HortTech. 3 (2): 150-154.

## 謝辞

本研究の遂行にあたり、筑波大学大学院生命環境科学研究科先端農業技術科学専攻教授 西島隆明博士（農業・食品産業技術総合研究機構 野菜花き研究部門）には終始懇切な御指導、御助言をいただくと共に論文原稿の御校閲の労を賜りました。ここに厚く御礼申し上げます。また、本研究を取りまとめるにあたり懇切な御指導をいただきました同研究科生物圏資源科学専攻准教授 福田直也博士、同研究科先端農業技術科学専攻教授 大宮あけみ博士（農業・食品産業技術総合研究機構 野菜花き研究部門）、同専攻准教授 中山真義博士（農業・食品産業技術総合研究機構 野菜花き研究部門）に心より御礼申し上げます。

本研究にあたり御協力を賜りました、法政大学生命科学部生命機能学科植物医科学専修教授 濱本宏博士、節句田恵美博士（前（株）トンボ）、東京都農林総合研究センター松浦里江氏に心より感謝致します。

最後に、植物材料の維持管理をしていただいた東京都農林総合研究センター園芸技術科花き研究チームの皆様に心より感謝致します。